# “工业机器人应用技术”教学改革

卢振利

（常熟理工学院 电气与自动化工程学院，常熟 215500）

**摘要**：贴近行业需求，培养应用技术型工程师是当前本科改革教育的热点。本文以“工业机器人应用技术”课程为对象，结合产业升级中非标自动化领域“机器换人”背景下的需求，通过凝练教师相关科研项目关键技术，搭建本科生教学实践平台，重构课程内容。实践表明该工作可使教学与科研相互促进，行业技术需求与学校本科人才培养无缝对接。

**关键词**：工业机器人应用技术；科研反哺教学；教学改革

**中图分类号**：G642.0　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1008-0686(2022)01-0108-04

# Teaching Reform of Industrial Robot Application Technology Course

LU Zhenli

(*School of Electrical&Automatic Engineering*, *Changshu Institute of Technology*, *Changshu* 215500, *China*)

**Abstract**: Closing to the needs of the industry, the training applied technical engineers is the reform focus of undergraduate education. Taking the course of Industrial Robot Application Technology as the object, combined with the requirements under the background of “machine replacement human” in the field of non-standard automation in industrial upgrading, this paper builds an undergraduate teaching practice platform and reconstructs the course content by refining the key technologies of teachers′ relevant scientific research projects. The practices show that this work can promote teaching and scientific research, and the industrial technical needs are seamlessly connected with the undergraduate talent training of the university.

**Keywords**: industrial robot application technology; research back feeding teaching; teaching reform

二十世纪初期，以国际机器人“四大家族”（发那科、ABB、库卡、安川）为代表的工业机器人产品被广泛应用于汽车、电子、物流、化工等各工业领域之中[1]。结合工作任务的工艺和工序，通过人引导工业机器人，按照实际需求动作流程操作，记忆示教的每个动作的姿态、位置、工艺参数、运动参数等，并自动生成一个连续的程序，工业机器人自动再现示教好的动作流程。“工业机器人”作为工科院校的一门本科专业课，很多学校通过典型 6 轴工业机器人本体来开展教学[2-4]。

随着工业 4.0 和中国制造 2025 等计划的实施，以沈阳新松机器人、广州数控、南京埃斯顿、安徽埃夫特为代表的中国工业机器人企业如雨后春笋般蓬勃发展。现代工业机器人不仅要能完成示教再现任务，还要具备人机交互、安全避碰等智能化功能。

在以长三角地区产业升级过程中，工业机器人生产企业及集成公司在自动化领域“机器换人”的迫切需求下，进行系统集成和定制生产 OEM（Original Equipment Manufacturer）的关键技术研究[5-6]。

以工业机器人为主导的，面向非标自动化行业生产线设计，需要大批集成和调试的现场工程师参与。而这正是以研究型为主本科院校和高职高专院校等专业人才培养的薄弱环节。顺应行业发展对人才的需求，常熟理工学院率先提出校地互动发展、校企合作的办学思路，围绕地方经济社会发展，推出着力培养高素质应用型人才的培养模式[7-9]。

以该校电气与自动化工程学院“工业机器人应用技术”课程教学改革为例，它基于科研反哺教学理念，通过教师科研项目凝练关键技术，优选工业机器人平台，构建教学内容和实践项目；在教学内容方面不仅注重工业机器人知识、技能和设计方法讲解，更在培养动手实践能力方面着重设计构思和编程调试技能训练，使行业需求与人才培养无缝对接。

**收稿日期**：2021-08-13；修回日期：2021-10-26

**基金项目**：中塞第 5 届科技例会交流项目（国科外 2021-4-19）

**作者简介**：卢振利（1974—），男，博士，副教授，主要从事机器人智能控制技术及应用教学和科研工作，E-mail：zhenlilu@cslg.edu.cn

## 1　手眼自动装配分拣系统

通过长三角地区非标自动化领域的企业大型零件装配和压铸行业上下料项目需求调研,“工业机器人应用技术”课程以项目需求的形式,结合工业机器人及周边产品,与非标自动化集成公司通过招标形式进行系统设计与装配及后期二次开发等工作[10]。该项目通过大恒图像工业相机和哈尔滨瑞博特机器人技术有限公司六自由度工业机器人(载荷 6 公斤)搭建手眼系统,再以丝杠导轨连接机器人底座,组成七自由度机器人系统,如图 1 所示。机器视觉系统安装于六自由度工业机器人手腕关节处,辨识场景如图 2 所示。

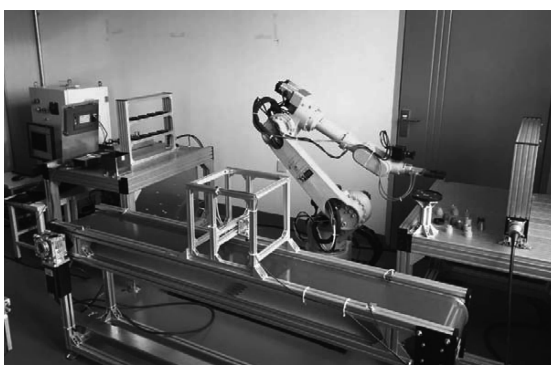

图 1　工业机器人自动装配分拣实践系统

图 2　机器视觉颜色辨识模块

六自由度工业机器人单元包括六自由度工业机器人本体、气动手爪、机器人行走轨道、机器人系统控制柜、标准手持示教器、静音气泵。供料输送分拣系统单元包括皮带输送机、铝型材原料仓库、铝型材成品仓库、装配平台、分拣仓库、工件、铝型材实训桌、光电对射传感器、材质检测装置、触摸屏等设备。

该系统可以实现对高速传输的工件进行颜色识别、检测、搬运、分拣、装配、存储等操作。系统操作过程是:机器视觉系统辨识红色或者黄色轴承,抓取放到装配台;依据抓取到的轴承,在轴承盖物料库选取同颜色的轴承盖,在装配台进行装配形成组件,如图 3 所示;再通过机械手将装配好的组件放到传送带,根据光电传感器和材质检测传感器来实现成品入库和分拣工作。

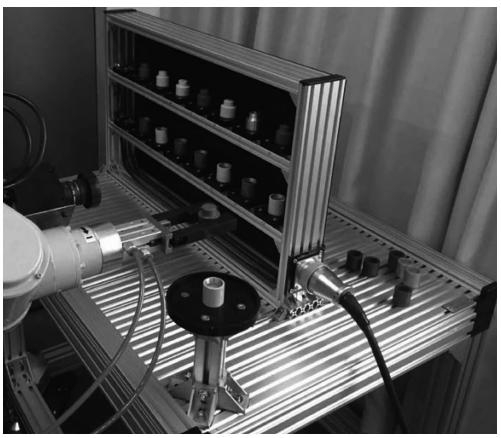

图 3　取和装配操作

该系统中人机交互是通过工控机和 PLC 及触摸屏来实现单体控制和系统自动运行等功能,如图 4 所示。

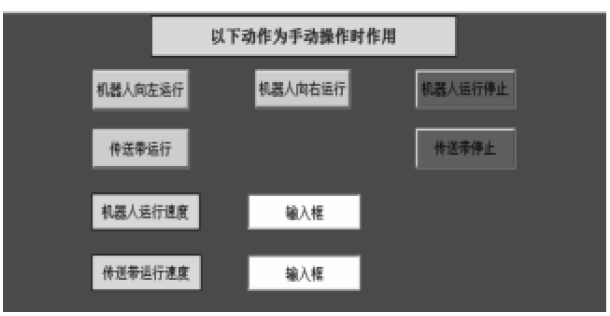


图 4　人机交互界面控制模式

该系统机械结构、电气控制回路、执行机构相对独立,采用工业标准件设计。通过此系统可以进行机械组装、电气线路设计与接线、PLC 编程与调试、智能视觉流程编辑、工业机器人编程与调试等多方面训练。采用工业标准化的设计使学生可以学习工业机器人基础知识,掌握常用工业机器人的结构、特性;了解各种机器人的传动原理,具有分析、选用工业机器人设备的能力;掌握工业机器人使用方法,了解工业机器人发展现状和趋势;掌握在机器人控制开发环境下编写程序,调试机器人运动控制程序;掌握工业机器人控制器调试,并能对实践结果进行分析。

## 2　现代工业机器人技术实践

通过长三角地区非标自动化领域小型零件抓取和装配行业机器换人需求的调研,从实践现代工业机器人技术功能需求选型入手,选取用于研究和原型设计的“运动学冗余”的美国 Robai 公司 Cy-

ton Gamma 1500 七自由度机器人手臂,如图 5 所示,搭建手眼系统[11]。

该机器人系统不需要外部控制器,只需要将机器人电源接电,将附带的 USB 电缆连接到 Windows 或 Linux 计算机系统即可。该机器人通过 3D 打印技术增强的关节力矩来优化整体设计,通过 C 语言开发环境设计运动控制源代码和交互式 GUI(Graphic User Interface)图形任务软件等多种方式提供不同需求层面人员实现类似人类运动,七自由度可优化机器人动作流畅性和精度及实现避障能力。该机器人支持使用 Actin 控制接口移动钳子到目标位置 ,同时接受应用 C ++ SDK,TCP,LabVIEW 或者 ROS 接口命令程序生成目标或定位。使学生可以掌握机器人程序的编写方法的三种位置控制:世界坐标、机器人关节、机器人末端坐标;掌握机器人控制器的编程技巧;掌握机器人控制器常用函数的定义和调用;掌握末端手抓的使用。

图 5 Cyton Gamma 1500 实践系统

## 3 工业 AGV 关键技术教学

现代工业中无人工厂通过 AGV (Automated Guided Vehicle)实现物料自动搬运的核心技术是小车的控制和系统集成。工业界 AGV 指装备有自动导航装置、能够沿规定的导航路径行驶、具有安全保护以及各种移载功能的运输车。工业应用一般可通过电脑来控制其行进路径以及行为,或利用电磁轨道(electromagnetic path-following system)来设立其行进路径。

“工业机器人应用技术 ”课程以购置中型组足球机器人,如图 6 所示,参加中国 RoboCup 比赛为切入点,通过对该机器人二次开发为 AGV 教学和科研平台,以万向轮运动模型为对象,如图 7 所示,设置不同轨迹控制算法,以 C ++ 环境编辑源代码,编译生成 AGV 运动控制系统[12-16]。

图 6 中型组足球机器人

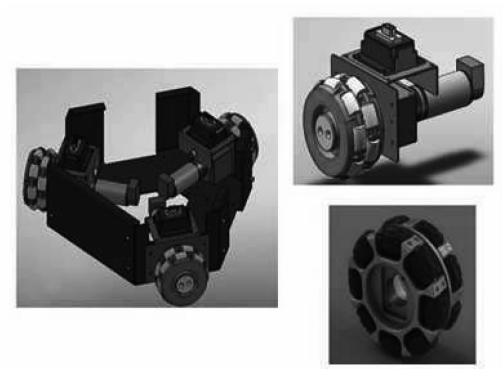

图 7 万向轮驱动系统

课程通过中型组足球机器人持球器与射门器的力度参数变化,对球进行定位传输程序设计,使学生进一步巩固机器人基础知识,掌握机器人的结构、特性;了解机器人的传动原理,具有分析、选用工业机器人设备的能力;掌握根据任务结合环境来修改机器人参数的使用方法。以人与机器人进行足球比赛为背景,课程在中型组足球机器人比赛系统提供代码基础上,增设 Kinect 等传感器设备,如图 8 所示,开发人机交互、动作辨识和步态控制等关键技术。

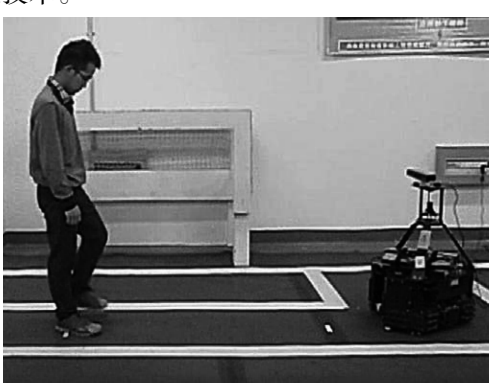

图 8 人机交互实践系统

## 4 改革成果

“工业机器人应用技术”课程通过满足企业技术需求的教师科研项目,凝练关键技术并搭建实践

系统平台,相关知识模块在“电力拖动与运动控制”“传感器原理与检测技术”“PLC 控制技术理论与实践”“控制器编程基础”“微机原理与接口技术”“控制网络与通信”等先修课程里进行必要铺垫。课程教改后,从 2017 年开始陆续在自动化、测控技术与仪器等专业大三本科进行教学实践,并结合不同专业培养目标持续改进,使学生在校内课堂教学中就无缝掌握了企业需求的关键技术。专业教师每年以平台为背景设立毕业设计课题 20 余项;应用中型组机器人等平台组织大学生机器人比赛;学生为此获得十多项国家级奖项,还被 ABB 等知名机器人公司录用为项目工程师。通过与中国矿业大学硕士研究生联合培养模式,以中型组机器人等为研发平台,培养机器人人机交互方向研究生 5 名;为校“机器人智能控制技术及应用”科研团队 9 名教师的产学研项目提供平台支撑;还参与中国塞尔维亚政府间科技合作交流项目等工作。

## 5　结语

本文阐述了以行业需求为主导的具有科研反哺教学理念的“工业机器人应用技术”课程改革,通过科研平台搭建实践系统,重构课程实践案例,以持续改进为抓手,提升本科学生工程实践能力,为应用型本科人才培养进行了有益探索。

### 参考文献

[1]服务型机器人产业的发展现况与突破方向[J]. 大数据时代,2021(7):15-21.

[2]蔡自兴,机器人学基础[M]. 北京:机械工业出版社,2009.

[3]郭洪红,工业机器人技术(第二版)[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2012 年.

[4]程静,李开阳. 新工科背景下工业机器人实训课程教学探索[J]. 现代农机,2021(4):78-79.

[5]汪华,詹绍康. 智能制造、劳动替代与无集体挤出——“机器换人”对工人就业影响的社会学研究[J]. 安徽师范大学学报(人文社会科学版),2021,49(4):85-94.

[6]刘凯,李友节. 工业机器人技术五年制高职教学的探索与实践[J]. 现代职业教育,2021(32):74-75.

[7]王继元. 行业学院: 应用型人才培养的时代要求[J]. 江苏高教,2019,(3): 71-74.

[8]仝敏.《工业机器人编程实训》课程思政研究与实践[J]. 中国设备工程,2021(15):232.

[9]谭娟. “工业机器人应用与编程技能实训”渐进式项目设计[J]. 南方农机,2021,52(14):141-143.

[10]卢振利,孙凯翔,葛晨斌,等. 应用工业机器人的劳动密集型企业典型生产线的设计[J]. 高技术通讯,2015,25(Z1):815-821.

[11] Zhenli Lu, Luis Seabra Lopes, Filipe Silva, Liwei Zhang, Huigang Xu. MNSM Inspired Method for Dual-Arm Robot Motion Control[C]. Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2013), Shenzhen, China, 2013: 1341-1346.

[12] Shujun Liu, Wen Wang, Yuhuan Pu, Mengqiu Zhuang, Jiang Chang, Zhenli Lu, Bin Li. Threshold file-based adaptive calibration of field information for the middle size league soccer robot[C]. Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), Shenyang, China, 2015: 1103-1108.

[13]卢振利,田铠,徐惠钢,等. 面向人机对抗赛的语音交互系统设计[J]. 高技术通讯,2017,27(5):457-463.

[14]田铠,卢振利,徐惠钢,等. 中型组足球机器人传球动作辨识与再现[J]. 高技术通讯,2015,25(6):614-621.

[15]卢振利,田铠,刘叔军,等. 足球机器人交互规则控制系统设计[J]. 计算机仿真,2015,32(5):368-373.

[16]田铠,卢振利,刘超,等. 中型组足球机器人的非正面视角步态辨识方法设计[J]. 高技术通讯,2015,25(4):429-436.