



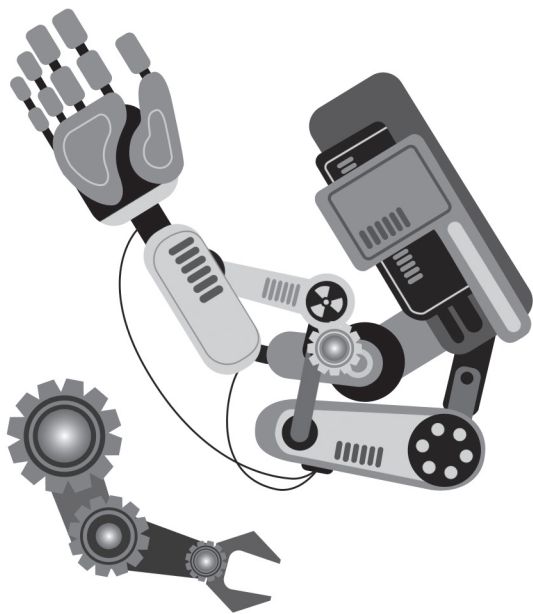
“十三五”职业教育工业机器人技术专业规划教材  
“互联网+”职业教育创新型系列教材

# 工业机器人 系统集成

主 编 强 锋 李友节 苏 建  
副主编 朱秀丽 李成伟 刘 凯



扫码登录课程平台  
构建个性化课堂



### 图书在版编目(CIP)数据

工业机器人系统集成 / 强锋等主编. — 南京 : 江苏凤凰教育出版社, 2019. 12(2021. 1 重印)

ISBN 978-7-5499-8145-8

I. ①工… II. ①强… III. ①工业机器人—系统集成技术—高等教育—教材 IV. ①TP242.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 127525 号

书 名 工业机器人系统集成

---

主 编 强 锋 李友节 苏 建

责任编辑 林 茂

出版发行 江苏凤凰教育出版社

地 址 南京市湖南路 1 号 A 楼, 邮编: 210009

出 品 江苏凤凰职业教育图书有限公司

网 址 <http://www.fhmooc.com>

照 排 南京锦虹图文制作中心

印 刷 河北钰柠印刷有限责任公司

厂 址 河北省衡水市武邑县兴旺路以南

电 话 0318-2212090

开 本 787 毫米×1 092 毫米 1/16

印 张 10.75

版 次 2019 年 12 月第 1 版 2021 年 1 月第 2 次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5499-8145-8

定 价 45.00 元

批发电话 025-83658831

盗版举报 025-83658873

---

图书若有印装错误可向当地经销商申请调换

提供盗版线索者给予重奖

## 序 言

为全面贯彻国家对于高技能人才的培养精神,提升职业教育机电类专业,尤其是工业机器人技术专业教学质量,我们特组织优秀教师及相关专家,联合行业企业代表,全面、优质、高效地开发了本系列规划教材,并配备数字化教学资源,以适应当前的信息化教学需求。

本系列教材所具特色如下:

- 教材培养目标明确,内容结构符合教育部制定的各课程人才培养目标及相关标准规范。
- 教材力求简洁、实用,编写上兼顾现代职业教育的创新发展及传统理论体系,并使之完美结合。
- 教材内容反映了工业发展的最新成果,所涉及的标准规范均为最新国家标准或行业规范。
- 教材编写形式新颖,栏目设计合理,版式美观,图文并茂,体现了职业教育教学特色。
- 教材配备相关的数字化教学资源,体现了信息化教学的最新成果。

由于行业技术更新较快,教材中如有不当之处,还请广大读者予以批评指正。我们将不断完善与提升本系列教材的整体质量,使其更好地服务于工业机器人技术等机电类专业的教育教学,为培养新时期下的高技能人才做出应有的贡献。



# 前言

随着企业机器人的应用及智慧工厂建设的不断加快,在未来几年,我国工业机器人市场需求潜力将充分释放。

预计到2020年,我国工业机器人装机量将达100万台,而机器人应用人才缺口有20万人,且每年仍以20%~30%的速度增长,而我国制造业规模以上企业专业技术人员占人力资源总数不到10%,与巨大的市场需求严重不协调。由此可见,现阶段我国机器人行业的技术人才匮乏严重。在顺应行业趋势、产业推动的大背景下,中、高职院校开展的工业机器人专业教育培训有着重大的意义,能够切实地解决工业领域的技术人才问题。

工业机器人作为一种高新科技的集成装备,对专业人才有着多层次的需求——研发人才、项目实施人才及调试维护人才是中国工业机器人应用行业最缺乏的三类人才,企业亦急需此类人才推动机器代替人力。在工业机器人行业的各个岗位中,工业机器人系统集成工程师是一个技能掌握程度高、技术能力强的岗位,他们能够深刻理解工业生产流程及产品制造工艺,能够完成机器人自动化线的设计、升级和改造工作,是相关企业亟需的专业人才。

为了适应工业机器人行业快速发展的形势,满足学生及从业人员学习机器人技术相关知识的需求,我们组织业内专家一同编写了本书。本书深入浅出地介绍了工业机器人系统集成的理论知识、行业前景、集成方案的设计选型,并从实际项目中汲取菁华,全面讲解了工业机器人搬运码垛、立体仓储、数控加工、机床上下料、检测分拣工作站的系统集成知识,包括各个工作站的组成、夹具设计、外围设备控制连接以及程序设计等内容,以期给中、高职院校的师生及从业人员提供实用性指导与帮助。

编 者





<b>任务 1 工业机器人集成领域概述及职业规划</b> .....	1
任务描述 .....	1
知识准备 .....	1
任务实施 .....	8
任务评测 .....	8
<b>任务 2 工业机器人系统集成方案解析</b> .....	9
任务描述 .....	9
知识准备 .....	9
任务实施 .....	14
任务评测 .....	14
<b>任务 3 工业机器人系统集成设备组成及选型原则</b> .....	14
任务描述 .....	14
知识准备 .....	14
任务实施 .....	41
任务评测 .....	41
<b>任务 4 工业机器人系统集成设计</b> .....	41
任务描述 .....	41
知识准备 .....	41
任务实施 .....	49
任务评测 .....	49
<b>任务 5 工业机器人系统集成布局模拟</b> .....	49
任务描述 .....	49
知识准备 .....	50
任务实施 .....	53
任务评测 .....	54
项目评测 .....	54



## 项目 2

### 工业机器人搬运工作站系统集成

<b>任务 1 工业机器人搬运工作站的组成</b> .....	57
任务描述 .....	57
知识准备 .....	57
任务实施 .....	62
任务评测 .....	63
<b>任务 2 工业机器人搬运工作站夹具设计</b> .....	64
任务描述 .....	64
知识准备 .....	64
任务实施 .....	67
任务评测 .....	70
<b>任务 3 工业机器人搬运工作站外围设备控制的连接</b> .....	71
任务描述 .....	71
知识准备 .....	71
任务实施 .....	78
任务评测 .....	84
<b>任务 4 工业机器人码垛搬运工作站系统集成</b> .....	85
任务描述 .....	85
知识准备 .....	85
任务实施 .....	87
任务评测 .....	90
<b>任务 5 工业机器人立体仓储工作站系统的集成</b> .....	90
任务描述 .....	90
知识准备 .....	90
任务实施 .....	92
任务评测 .....	94
项目评测 .....	95





## 项目 3

工业机器人数控加工工作站系统集成

<b>任务 1 工业机器人数控加工工作站组成</b> .....	97
任务描述 .....	97
知识准备 .....	98
任务实施 .....	108
任务评测 .....	108
<b>任务 2 数控加工集成工作站夹具设计</b> .....	109
任务描述 .....	109
知识准备 .....	109
任务实施 .....	111
任务评测 .....	117
<b>任务 3 工业机器人数控加工工作站外围设备控制的连接</b> .....	117
任务描述 .....	117
知识准备 .....	117
任务实施 .....	122
任务评测 .....	123
<b>任务 4 工业机器人机床上下料系统集成</b> .....	124
任务描述 .....	124
知识准备 .....	124
任务实施 .....	125
任务评测 .....	128
<b>任务 5 工业机器人数控加工集成应用实训</b> .....	128
任务描述 .....	128
知识准备 .....	128
任务实施 .....	129
任务评测 .....	132
项目评测 .....	133



## 项目 4

工业机器人检测分拣工作站系统集成

<b>任务 1 工业机器人检测分拣工作站的组成</b> .....	134
任务描述 .....	134
知识准备 .....	134
任务实施 .....	141
任务评测 .....	141
<b>任务 2 工业机器人检测分拣工作站夹具设计</b> .....	142
任务描述 .....	142
知识准备 .....	142
任务实施 .....	144
任务评测 .....	146
<b>任务 3 工业机器人检测分拣工作站外围设备控制的连接</b> .....	147
任务描述 .....	147
知识准备 .....	147
任务实施 .....	151
任务评测 .....	153
<b>任务 4 工业机器人汽车轮毂检测分拣工作站系统的集成</b> .....	153
任务描述 .....	153
知识准备 .....	154
任务实施 .....	155
任务评测 .....	157
项目评测 .....	158
<b>项目评测答案</b> .....	159

# 项目 1

# 工业机器人 系统集成概述

工业机器人的系统集成技术是工业机器人自动化的重要组成,它通过集成开发,将工业机器人灵活地应用在工业现场中。

很多人对于工业机器人如何在工业系统中发挥作用并不了解,本项目引入工业机器人系统集成的应用领域介绍和相关的职业规划,通过介绍集成方案的实施步骤,学习集成项目的方案设计、设备选型、机械和电气设计以及模拟布局,使学生正确地认识工业机器人系统集成。



## 任务 1 工业机器人集成领域概述及职业规划

### 任务描述

本任务通过对工业机器人系统集成的产业链、领域和应用的介绍,使学生对工业机器人系统集成形成清晰的认知。再通过分析工业机器人系统集成的行业前景,简单阐述了系统集成工程师的职业规划。

### 知识准备

#### 一、工业机器人集成领域概述

##### (一) 工业机器人系统集成

工业机器人行业按产业链可分为上游、中游和下游。上游生产工业机器人核心零部件,包括减速器、伺服系统、控制器;中游是工业机器人本体生产商,主要是生产工业机器人本体;下游是工业机器人系统集成商,主要为客户提供应用解决方案。



小提示

一台独立的机器人本体是不能完成任何工作的,它需要经过系统集成之后才能为终端用户所用。工业机器人的系统集成负责工业机器人应用的二次开发以及周边自动化配套设备的集成,是工业机器人自动化应用的重要组成部分。

在行业内,目前对于工业机器人系统集成暂无标准定义,一般的说法是“工业机器人系统集成是把标准机器人(本体)变为应用机器人”。简单来说,工业机器人系统集成就是将工业机器人本体、机器人控制软件、机器人应用软件以及机器人周边设备结合起来,成为一个系统,使之应用于搬运码垛、分拣、焊接、打磨、上下料和喷涂等工业自动化生产中。

相较于机器人本体供应商,机器人系统集成供应商还需要具有产品设计能力、对终端客户应用需求的工艺理解和相关项目经验等,能够提供可适应各种不同应用领域的标准化、定制化的成套装备。

## (二) 工业机器人系统集成领域和应用

工业机器人本体是机器人系统集成的核心,与行业应用紧密相结合。由于系统集成是对机器人本体的二次开发,机器人本体的性能很大程度上决定了系统集成的水平。系统集成目前以国际品牌为核心,市场从汽车、3C 电子、金属加工、物流等技术要求高、自动化程度高的行业向技术要求较低、自动化程度较低的行业排列。

工业机器人系统集成的最终用户按照行业可分为汽车工业行业和一般工业行业。

汽车行业自动化程度已经比较高,大部分外资整车厂商的生产线标准及机器人选型是全球统一的。外资汽车厂商与机器人供应商往往有稳定的合作关系,如大众用 KUKA(库卡)和 FANUC(发那科),宝马奔驰等德系厂商用 KUKA,通用汽车主要是 FANUC(发那科),菲亚特用 COMAU(柯马),白车身和冲压线主要是 ABB,涂装主要是德国杜尔,丰田、本田等日系厂商用 YASKAWA(安川)、KAWASAKI(川崎)等品牌,现代起亚只用 HYUNDAI(现代)等。工业机器人在汽车行业的应用如图 1-1-1 所示。

对于汽车这种资金、技术密集型的大工业行业来说,稳定性是首要的,已经定下来的标准不会轻易改变,其主要零部件厂为保持一致性,也会优先考虑整车厂使用的机器人品牌。



微课 1





图 1-1-1 工业机器人在汽车生产线的应用

汽车制造是技术密集型产业,整车厂在长期使用机器人的过程中也形成了自己的规则 and 标准。汽车项目普遍周期较长,从方案设计、安装调试到交钥匙往往需要半年或者一年以上,需要投入大量的人力成本,所以汽车产业系统集成对集成商的流动资金要求比较高。与其他国家相比,中国汽车行业的机器人密度为德国的  $1/4$ ,非汽车行业的机器人密度为德国的  $1/11$ ,所以国内工业机器人的需求潜能巨大。

在一般工业中,按照行业分类又可以分为食品饮料、石化、金属加工、医药、3C、塑料、白家电、烟草等。其中 3C 行业是系统集成商的潜在机会,国内系统集成企业具有以下优势:

1. 中国是全球最大的 3C 制造基地,自动化升级需求强劲,有望超过汽车行业成为第一大机器人市场。

2. 3C 行业机器人应用多样,外资品牌难以复制在汽车产业的经验,国内企业已实现部分反超,是拉近差距的最好机会。

近年来,国内系统集成企业所占市场份额不断提升,产品认可度不断提高,2017 年工业机器人系统集成应用领域也从汽车、3C 制造进一步拓宽至农副食品加工业、酒、饮料和精制茶制造业、医药制造业、餐饮业、家居建材、奶制品产业、半导体元器件等。其中,金属制造业和以家用电器制造、电子元器件、计算机和外部设备制造等为代表的电器机械和器材制造行业,在国产工业机器人销售总量中的占比最高,分别占 31% 和 23%,汽车以外其他领域的国产系统集成市场份额也在迅速增加。

## 加油站

2013~2020年我国工业机器人销售额及增长率(含预期)

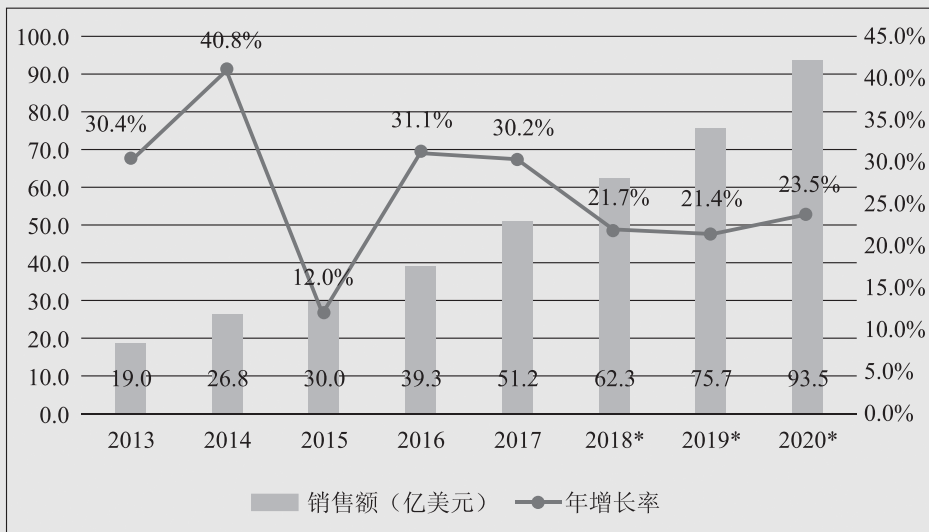


图 1-1-2 2013~2020 年我国工业机器人销售额及增长率(含预期)

我国工业机器人市场发展较快,约占全球市场份额三分之一,是全球第一大工业机器人应用市场,如图 1-1-2 所示。2017 年,我国工业机器人保持高速增长,销量同比增长 30%。按照应用类型分,2017 年国内市场的搬运上下料机器人占比最高,达 65%;其次为装配机器人,占比 15%,高出焊接机器人 6 个百分点。按产品类型来看,2017 年关节型机器人销量占比超 60%,是国内市场最主要的产品类型;其次是直角坐标型机器人和 SCARA 机器人,且近年来两者销量占比在逐渐扩大,上升速度高于其他类型机器人产品。

当前,我国生产制造智能化改造升级的需求日益凸显,工业机器人的市场需求依然旺盛。据 IFR 统计,2017 年我国工业机器人销量达 13.8 万台,预计 2018 年销量将超过 15 万台,市场规模将达到 62.3 亿美元,到 2020 年,国内市场规模将进一步扩大到 93.5 亿美元。

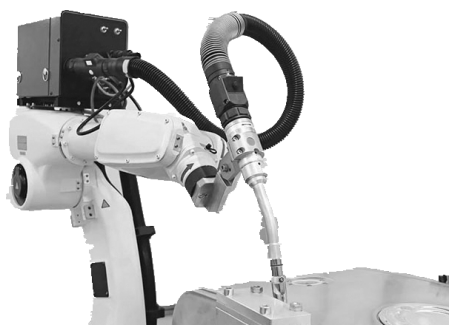
除汽车行业外的一般工业可按照工艺应用进行区分,常见的有焊接、打磨、喷涂等应用,如图 1-1-3 所示。

如图 1-1-4 所示,以喷涂应用为例,喷漆作业环境恶劣,对喷漆工人技术熟练程度要求高,使得喷涂相关的作业人员招工成为难题。利用喷涂机器人进行喷涂作业,除了重复精度高,工作效率高外,还能将工人从恶劣的工作环境中解放出来。

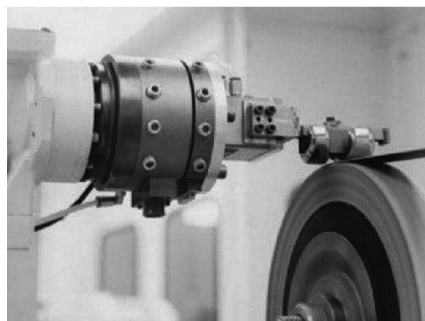


微课 2





(a) 机器人焊接



(b) 机器人打磨

图 1-1-3 机器人工艺应用

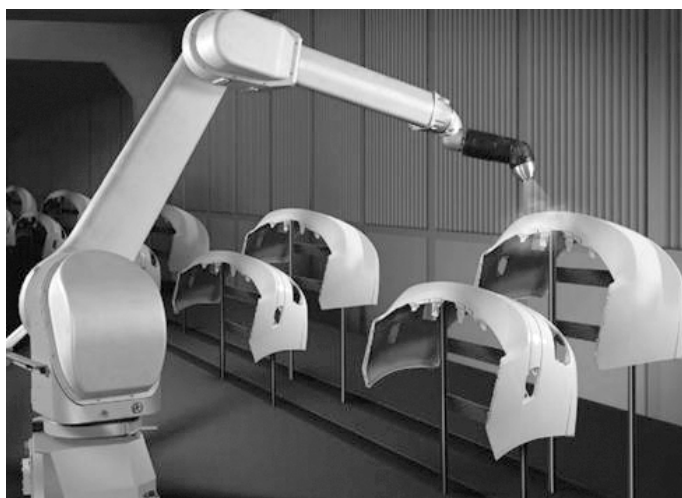


图 1-1-4 机器人喷涂



微课 3

## 加油站

工业机器人的产业化过程,可以归纳为三种不同的发展模式,即日本模式、欧洲模式和美国模式。

**日本模式:**各司其职,分层面完成交钥匙工程,即机器人制造厂商以开发新型机器人和批量生产优质产品为主要目标,并由其子公司或社会上的工程公司来设计制造各行业所需要的机器人成套系统,并完成交钥匙工程。

**欧洲模式:**一揽子交钥匙工程,即机器人的生产和用户所需要的系统设计制造,全部由机器人制造厂商完成。

**美国模式:**采购与成套设计相结合。美国国内基本上不生产普通的工业机器人,企业需要的机器人通常由工程公司进口,再自行设计、制造配套的外围设备,

完成交钥匙工程,机器人公司集中在机器人系统集成领域。

目前,国内的机器人企业多为系统集成商。根据国际经验来看,国内的机器人产业发展更接近于美国模式,即以系统集成为主,单元产品外购或贴牌,为客户提供交钥匙工程。

与单元产品的供应商相比,系统集成商还要具有产品设计能力、项目经验,并在对用户行业深刻理解的基础之上,提供可适应各种不同应用领域的标准化、个性化成套装备。

中国机器人市场起点低,发展空间大,产业化模式较可行的是从集成起步至成熟阶段采用分段模式,即美国模式(集成)—日本模式(核心技术)—德国模式(分工合作)。

## 二、职业规划

### (一) 工业机器人系统集成的行业前景

近年来,中国工业机器人市场持续表现强劲,市场容量不断扩大。传统制造业的改造提升、人工成本快速提高等原因促使企业使用工业机器人来提高产业附加值,保证产品质量,工业机器人及智能装备产业因而面临前所未有的发展时机。据不完全统计,目前仅在长三角地区使用工业机器人的企业就有 6 000 余家,人才缺口达 5 万人。企业不仅需要工业机器人现场编程、机器人自动化维护等方面的人才,还需要大量从事工业机器人安装调试和售后服务等工作的专门人才。随着我国制造业的发展,预计未来 3~5 年,工业机器人增速有望达到 25%,高技能人才缺口将逐年加大。按照工信部的发展规划,到 2020 年,工业机器人装机量将达到 100 万台,需要近 20 万工业机器人应用的相关人才。

在机器人生产商和生产企业之间有一个很重要的角色——机器人系统集成商,集成商根据客户需求提供成套的机器人自动化生产线或工作站。由于机器人自动化改造项目越来越多,机器人集成商数量也在成倍增加,据不完全统计,中国已有一万家左右机器人系统集成商,在中国机器人行业里占比达 90%,而大部机器人集成商目前均面临人才稀缺,机器人系统集成工程师在机器人集成商中占有相当重要的地位。

### (二) 工业机器人系统集成工程师的职业规划

工业自动化领域中,工业机器人数量以每年 20%~30% 的速度增长,但是工业机器人工程师紧缺,研发人才、项目实施人才及调试维护人才是中国工业机器人应用人才最缺乏的三类人才,企业急需此类人才推动机器人发展水平。





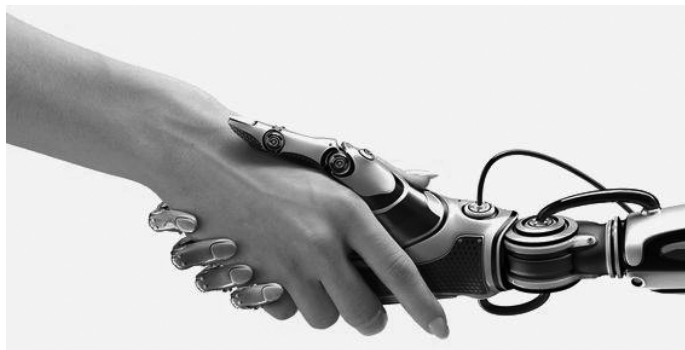


图 1-1-5 人与机器人的握手

机器人系统集成工程师能够深刻理解工业生产流程及产品制造工艺,能够完成机器人自动化线的设计、升级和改造工作。

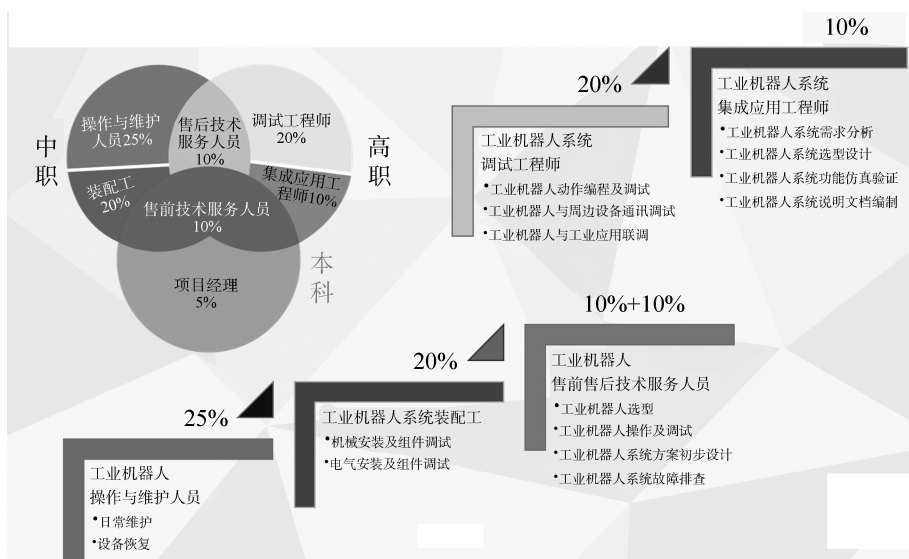


图 1-1-6 工业机器人技术人才需求比重及能力要求

从事工业机器人系统集成相关工作的从业人员需要满足以下要求:

1. 掌握工业机器人系统集成专业的基础理论知识和操作技能。
2. 能独立完成工业机器人的安装、编程、调试、维修、运行等方面的工作任务。
3. 具有丰富的实践经验,能够进行生产管理,有创新精神和服务精神。
4. 掌握工业机器人系统集成的需求分析和选型设计。
5. 具备实现系统集成功能仿真验证的能力。

### (三) 就业方向

工业机器人系统集成相关人才可以从事工业机器人及系统设备的维护管理工作,或为工业机器人系统集成商从事现场的机械、电气、机器人的安装调试、技术服务工

作,以及工业机器人系统集成项目分析、方案设计和对整个工程项目进行管理,职业目标为工程师、系统设计师。工业机器人系统集成方向面向的岗位和企业需求如图 1-1-7 所示。



图 1-1-7 工业机器人系统集成方向面向的岗位和企业需求

## 任务实施

表 1-1-1 工业机器人集成领域概述及职业规划

项目名称	工业机器人系统集成概述		任务名称	工业机器人集成领域概述及职业规划		
班级	姓名		学号		组别	
任务内容	通过对工业机器人系统集成的产业链、领域和应用的介绍,使学生对工业机器人系统集成有一个清晰的认知。再通过分析工业机器人系统集成的行业前景,简单阐述了系统集成工程师的职业规划。					
任务目标	1. 认识工业机器人系统集成 2. 了解工业机器人系统集成的行业应用和发展前景 3. 了解工业机器人系统集成工程师的职业发展和规划					

## 任务评测

请简述工业机器人系统集成的汽车行业和一般工业终端用户。

