

第5章

机器人工程专业知识 体系和培养体系



本章主要介绍机器人产业发展现状、机器人工程专业培养目标、机器人工程专业知识与课程体系、机器人工程专业培养定位、机器人工程专业实验实训基地建设等,以便读者能够了解本专业的四年学习内容知识,能够对本专业国内外产业发展趋势、我国机器人产业布局和发展水平有初步了解,能够对专业培养目标和学习的课程设置、课程体系有所认识,能够初步规划本专业学习重点。

5.1 机器人产业发展现状

5.1.1 机器人产业发展趋势及特征

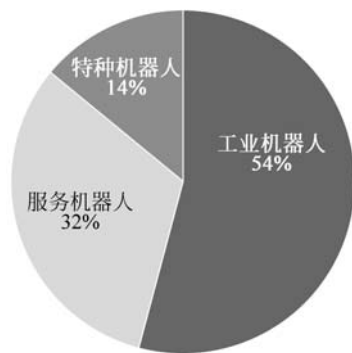
当前,全球机器人市场规模持续扩大,工业机器人市场增速回落,服务、特种机器人增速稳定。技术创新围绕仿生结构、人工智能和人机协作不断深入,产品在教育陪护、医疗康复、危险环境等领域的应用持续拓展,企业持续优化产品性能,前瞻布局机器人智能应用,全球机器人产业正稳步增长。

1. 全球机器人产业发展趋势及特征

1) 全球整体市场规模持续增长,服务机器人迎来发展黄金时代

2019年,全球机器人市场规模达到294.1亿美元,2014—2019年的平均增长率约为12.3%。其中,工业机器人159.2亿美元,服务机器人94.6亿美元,特种机器人40.3亿美元。2019年全球机器人市场结构如图5-1所示。

(1) 工业机器人:销量稳步增长,亚洲市场依然最



■ 工业机器人 ■ 服务机器人 ■ 特种机器人

图 5-1 2019 年全球机器人市场结构

(资料来源:中国电子学会整理)

具潜力。

(2) 服务机器人：新一代人工智能兴起，行业迎来快速发展新机遇。

(3) 特种机器人：新兴应用持续涌现，各国政府相继展开战略布局。

2) 轻型化、柔性化、智能化趋势明显，实践应用场景持续拓展

全球机器人基础与前沿技术正在迅猛发展，涉及工程材料、机械控制、传感器、自动化、计算机、生命科学等各个方面，大量学科在相互交融促进中快速发展，技术创新趋势主要围绕人机协作、人工智能和仿生结构三个重点展开。

(1) 工业机器人：轻型化、柔性化发展提速，人机协作不断走向深入。工业机器人更小、更轻、更灵活；人机协作成为重要发展方向。

(2) 服务机器人：认知智能取得一定进展，产业化进程持续加速。认知智能支撑服务机器人实现创新突破；智能服务机器人进一步向各应用场景渗透。

(3) 特种机器人：结合感知技术与仿生等新型材料，智能性和适应性不断增强。技术进步促进智能水平大幅提升；替代人类在更多复杂环境中从事作业。

3) 企业愈加关注产品形态创新，网络化与智能化布局齐头并进

当前，机器人领域领军企业加大研发力度，聚焦工业互联网应用和智能工厂解决方案，重视无人车、仿人机器人、灾后救援机器人、深海采矿机器人等产品研发，不断创新产品形态，优化产品性能，抢占机器人智能应用发展先机。

(1) 工业机器人：工业互联网成为布局重点，智能工厂解决方案加速落地。行业龙头发力工业互联网；重点企业聚焦智能工厂解决方案。

(2) 服务机器人：无人车获科技龙头高度关注，仿人机器人研发再度迎来突破。科技龙头企业重点布局无人车；企业加快仿人机器人设计研发步伐。

(3) 特种机器人：灾后救援机器人研制成为热点，采矿机器人开始向深海空间拓展。企业聚焦灾后救援机器人研发；采矿活动向海底延伸催生深海采矿机器人。

5.1.2 我国机器人产业发展趋势及特征

1. 我国机器人市场需求潜力巨大，工业与服务领域颇具成长空间

2019年，我国机器人市场规模达到86.8亿美元，2014—2019年的平均增长率达到20.9%。其中工业机器人57.3亿美元，服务机器人22亿美元，特种机器人7.5亿美元。2019年我国机器人市场结构如图5-2所示。

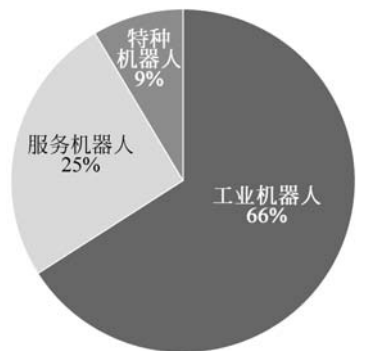
(1) 工业机器人：智能制造加速升级，工业机器人市场规模持续增长。

(2) 服务机器人：需求潜力巨大，家用市场引领行业快速发展。

(3) 特种机器人：应用场景范围扩展，市场进入蓄势待发的重要时期。

2. 关键技术突破与多元化应用取得积极进展，部分领域已达到国际水平

目前，我国工业机器人研发仍以突破机器人关键核



■ 工业机器人 ■ 服务机器人 ■ 特种机器人

图 5-2 2019 年我国机器人市场结构

(资料来源：中国电子学会整理)

心技术为首要目标,政产学研用通力配合,初步实现了控制器的国产化。服务机器人的智能水平快速提升,已与国际第一梯队实现并跑。特种机器人主要依靠国家扶持,研究实力基本能够达到国际先进水平。

(1) 工业机器人:国产化进程再度提速,应用领域向更多细分行业快速拓展。国产工业机器人正逐步获得市场认可;应用快速拓展至塑料、橡胶、食品等细分行业。

(2) 服务机器人:智能相关技术可比肩欧美,创新产品大量涌现。智能化相关技术与国际领先水平基本并跑;新兴应用场景和应用模式拉动产业快速发展。

(3) 特种机器人:部分关键核心技术取得突破,无人机、水下机器人等领域形成规模化产品。政策引导带动特种机器人技术水平不断进步;特种无人机、水下机器人等产品研制取得新进展。

3. 自主研发与投资并购双轮驱动,行业龙头加速布局机器人生态系统

近年来,我国机器人行业发展势头较为良好,传统机器人用户企业纷纷通过自主研发、投资并购等手段介入机器人行业,并通过综合应用人工智能等技术打造智能服务机器人,涌现出一批创新创业型企业,大疆、科沃斯等企业已获得了市场的高度认可。

(1) 工业机器人:用户企业向上游延伸,海外扩张步伐进一步加速。下游用户企业逐渐转型自供机器人;骨干企业国际化步伐进一步加快。

(2) 服务机器人:生态系统构建加速,企业瞄准智能生活领域。机器人平台成为生态构建重要抓手;企业加速拓展智能生活领域。

(3) 特种机器人:多点突破实现行业领先,龙头企业着手布局无人机生态系统。以自主研发为核心实现多点突破;通过打造无人机生态系统拓展市场布局。

5.1.3 我国机器人产业发展现状

1. 工业 4.0 及《中国制造 2025》

2013 年 4 月,德国政府在汉诺威工业博览会上正式提出“工业 4.0”战略,其目的是提高德国工业的竞争力,在新一轮工业革命中占领先机。通过工业 4.0 战略的实施,将使德国成为新一代工业生产技术(即信息物理系统)的供应国和主导市场,会使德国在继续保持国内制造业发展的前提下再次提升它的全球竞争力。事实上,为了应对工业 4.0,将物联网和智能服务引入制造业的国家并不止德国一个,如美国的“先进制造业国家战略计划”、日本的“科技工业联盟”、英国的“工业 2050 战略”等。

2014 年 11 月,李克强总理访问德国期间,中德双方发表了《中德合作行动纲要:共塑创新》,宣布两国将开展工业 4.0 合作,该领域的合作有望成为中德两国未来产业合作的新方向。2015 年 3 月 5 日,李克强在全国两会上作《政府工作报告》时首次提出“中国制造 2025”的宏大计划。2015 年 5 月 8 日,国务院正式印发《中国制造 2025》。在《中国制造 2025》确定的十大战略领域中,机器人位列第二项,其重要性不言而喻。

工业机器人在工业领域的推广应用,将提升我国工业制造过程的自动化和智能化水平,降低人工成本上升和人口红利减少对我国工业竞争力的影响,提高生产效率和产品质量,降低生产成本和资源消耗,保障安全生产,保持和提升我国工业的国际竞争力。

2. 我国工业机器人增长现状

在产业政策的激励和市场需求的带动下,近年来中国工业机器人产业实现快速增长。

据统计,2005—2016年,中国工业机器人的销量以年均25%左右的速度高速增长,2013年销售近3.7万台,超过日本成为全球第一大机器人市场。根据2016年5月国际机器人协会发布的机器人行业报告,2015年中国销售工业机器人6.9万台,销量及增速远高于其他国家,2019年,中国工业机器人的销售量达到16万台,如图5-3所示。



图 5-3 2010—2019 年中国每年新增机器人数量

(注: 网上数据库都到 2019 年, 20—21 年与疫情相关, 没有最新数据)

世界上通常用工业机器人密度(每万名产业工人所拥有的工业机器人数量)来衡量一个国家工业生产的自动化程度,据世界机器人联合会于2016年9月29日发布的统计数据显示,虽然经过近三年的飞速发展,但是中国的机器人密度还远远低于发达工业国家。截至2016年9月,我国的工业机器人密度为49台,跟韩国的531台、新加坡的398台、日本的305台都无法比拟,甚至离世界平均水平的69台都还有很大距离,这和工信部计划在2020年达到150台以上的目标相距甚远。但是,与其说机器人密度低是我们的劣势,倒不如说它给我们接下来的发展创造了巨大的市场潜力和空间。世界主要工业国家的工业机器人密度如图5-4所示。

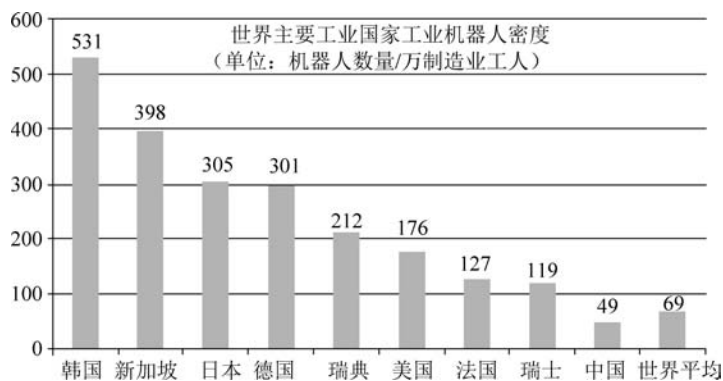


图 5-4 世界主要工业国家的工业机器人密度

3. 我国关于工业机器人发展的规划

2016年5月4日,工业和信息化部、发改委、财政部联合印发《机器人产业发展规划(2016—2020年)》提出了我国机器人产业“十三五”总体发展目标,即“形成较为完善的机器人产业体系。技术创新能力和国际竞争能力明显增强,产品性能和质量达到国际同类水平,关键零部件取得重大突破,基本满足市场需求”。根据规划,到2020年实现工业机器人密度

(每万名工人使用工业机器人数量)达到 150 台以上。

我国现已是全球最大的工业机器人消费市场,工业机器人已在汽车制造、电子、橡胶塑料、军工、航空制造、食品工业、医药设备与金属制品等领域得到应用,其中汽车工业的应用最多,比例达 38%。广东、江苏、上海、北京等地是我国工业机器人产业主要集中的地区,拥有的工业机器人数量占据全国工业机器人市场的半壁江山。数据显示,2013 年是我国工业机器人发展元年,这一年国内工业机器人销量为 3.69 万台,同比增长 36.52%,购买量占全球工业机器人销量的 1/5,这也使得我国成为全球最大的工业机器人消费市场。2014 年工业机器人销量超过 57000 台,同比增长 54% 以上,继续保持高速发展态势。目前全球制造业工业机器人密度为 69 台(2016 年水平),而中国工业机器人密度远低于日韩德美等发达国家,在《中国制造 2025》战略推进之下,未来我国工业机器人市场还有很大的增长空间。

不过,机器人在国内不断得到应用的同时,工业机器人产业发展尴尬现状不容忽视。目前由于核心技术缺乏,我国工业机器人消费严重依赖国外企业,尤其在减速机、伺服电机、控制器等核心零部件上,我国机器人企业受制于人,只能购买高昂的国外设备,对此需要引起产业重视,也亟待国产工业机器人厂商不断提高技术,加大研发水平,早日摆脱国外企业垄断。

上游核心零部件的突破需要时间来完成技术和经验的积累,但对国产机器人厂商来说,下游应用环节则商机巨大。机器人产业下游的中小企业难以承受国外厂商提供的高昂的成套的应用解决方案服务,我国机器人厂商可以借“工程师红利”的低智力成本优势,为中小企业的生产线改造提供定制化服务,针对具体行业应用的需求设计合理的解决方案,解决生产过程中企业的“痛点”,从而打破工业机器人产业受制于人的僵局。

4. 我国机器人发展政策与各区域机器人产业发展水平

1) 我国机器人发展政策

2014—2016 年是推出机器人政策的高峰期,工信部组织制定了我国机器人技术路线图及机器人产业“十三五”规划,随后黑龙江、上海、浙江、重庆、洛阳、广州、东莞、佛山、顺德、广州、南京、湖北、辽宁、东莞等省、市相继起草出台机器人产业规划、政策等文件,从发展目标、发展重点、支持措施等方面响应机器人产业规划发展政策。

同时,各地都非常重视机器人产业链上下游的协同发展,在发展机器人本体的同时,上游的零部件、下游的机器人集成商等都是重点发展的目标。作为配套,机器人产业园的建设也是多地重点发展的内容。除了工业机器人外,服务机器人也开始进入政府的视野。而深圳则更进一步,将政策支持范围扩大到整个智能产业,可穿戴智能装备等都是培育重点。

全国各地支持政策的对象主要有两个,一是机器人产业链,二是机器人用户。支持措施上,主要利用资金、税收、土地以及人才等优惠政策促进机器人的制造及应用。此外,服务平台建设也是多地的主要支持措施之一。

2) 我国各区域机器人产业发展水平

根据我国行政和地理区划方式,结合机器人产业实地发展基础及特色,将全国划分为京津冀、长三角、珠三角、东北、中部和西部共六大区域,综合评价六大机器人产业集聚区的产业规模效益、结构水平、创新能力、集聚情况和发展环境,系统比较各区域产业发展水平。根据 2019 年中国机器人产业发展报告显示,长三角地区在我国机器人产业发展中基础相对最为雄厚,珠三角地区、京津冀地区机器人产业逐步发展壮大,东北地区虽具有一定机器人产

业先发优势,但近年来产业整体表现较为平淡,中部地区和西部地区机器人产业发展基础较为薄弱,但已表现出相当的后发潜力。

(1) 长三角地区:综合实力优势突出市场发展空间依赖制造业基础形成广阔。

长三角地区拥有突出的区位优势,公路、铁路、桥梁与港口资源密集,生产要素流动程度发达,拥有良好的制造业发展基础与产业配套环境,历来都是改革开放的桥头堡和前沿阵地。工程机械、飞机、船舶、汽车、3C 制造等产业蓬勃发展,为工业机器人提供了广阔的市场发展空间。以上海和昆山机器人产业基地为核心,覆盖无锡、常熟、徐州、南京、张家港等中心城市,长三角地区机器人产业呈现辐射状布局,依托当地科技创新全球影响力与完善的技术、人力及资本对接平台,逐步形成具备国际竞争力的机器人高端研发高地与规模化产业应用生态。

指标特点:产业规模效益领跑全国;产业结构布局合理;产业创新发展形势向好;产业集聚程度加深;产业发展环境优良。

(2) 珠三角地区:中小规模系统集成企业形成集聚,“机器换人”步伐不断加快。

珠三角地区制造业起步较早,20 世纪 70 年代就形成了小规模的加工制造产业集聚,经过 40 余年的发展历程,现已形成以高端装备制造、家电制造、食品包装、3C 制造、陶瓷生产等为代表的劳动密集型产业集群。近年来,随着用工成本压力的持续上升,珠三角地区制造企业倾向于通过加快“机器换人”步伐减少人力资源投入,为机器人产品应用提供了潜在市场。珠三角地区机器人产业具有良好的技术研发基础与产业布局环境,重点聚焦于数控设备、无人物流、自动化控制器、无人机等领域,打造自主创新与应用先行的机器人产业发展生态。

指标特点:产业规模效益稳步提升;产业结构进一步改善;产业创新形式持续丰富;产业集聚程度不占优势;产业发展环境整体良好。

(3) 京津冀地区:发挥区域协同发展优势、融合创新高地构建技术研发与业态。

京津冀地区地缘相近、人缘相亲,为构建区域产业协同创新与集群发展提供了良好外部支撑环境。在京津冀协同发展战略的有效引导和高效推动下,京津冀三地机器人产业逐步形成优势并存、特色互补的发展格局。北京逐步加快“四个中心”城市建设进程,把握以人工智能为代表的新一代信息技术大规模商用开发与产业落地时代浪潮,重点推动智能机器人产品研发与创意设计;天津基于当地汽车制造、电子信息产业、新能源装备等制造业发展基础,重点突破机器人核心零部件研制与行业应用标志性机器人产品;河北在工业机器人系统集成与特种机器人领域形成一定影响力,依托区域内工业机器人龙头企业与各类机器人产业园区与创新基地,开展特色化产业布局与生态构建。

指标特点:产业规模效益有所下滑;产业结构整体保持稳定;产业创新能力大幅提升;产业集聚依然较为分散;产业发展环境持续领先。

(4) 东北地区:强化政策引导与产业头部效应,推动区域经济结构实现转型升级。

近年来,东北地区积极响应国家供给侧结构性改革“三去一降一补”精神,加快淘汰传统过剩产能与高污染生产方式,爬坡过坎大力优化产业结构,在带来发展阵痛的同时,也给当地机器人、高端装备、新能源制造等新兴产业带来了前所未有的发展机遇。东北地区各地方政府大力支持发展民营经济,不断出台机器人及人工智能产业发展规划与实施细则,重点打造哈尔滨、沈阳、抚顺等地机器人产业集群,鼓励行业龙头企业持续壮大形成规模经济,同时

依托各类机器人产业园区建设、人才引进与资本投入等方式积极培育初创企业,围绕新型工业机器人、商用服务机器人、海洋作业与应急救援特种机器人等方向开发设计具有一定市场竞争力的成熟产品,推动东北地区机器人产业规模化、多元化、特色化发展。

指标特点:产业规模效益趋势向好;产业结构水平日趋完善;产业创新仍依赖龙头企业;产业集聚程度持续加剧;产业发展环境亟待优化。

(5) 中部地区:把握先进制造业中心建设机遇,加快布局区域特色机器人产业链条。

中部地区的机器人产业发展起步时间虽然较晚,但凭借中央及各级地方政府宏观战略布局和政策保障的有力支撑,以及在资源禀赋、企业经营效益、制造技术以及产业发展环境等方面的良好基础,整体发展局面向好,在武汉、长沙、芜湖、洛阳、湘潭等地逐步形成产业集聚。与此同时,区域内机器人应用市场同步建设,各类行业解决方案技术提供方及系统集成商围绕食品加工、纺织业、装备制造业、医药制造业等中部地区传统制造领域加快创新步伐,通过持续发掘新兴市场潜力与客户实际需要,更多发现行业痛点并改进产品与服务形式,助力制造企业实现产业升级与降本增效。

指标特点:产业规模大而不强;产业结构优化程度不足;产业创新能力有所增强;产业集聚情况趋势良好;产业发展环境持续稳定。

(6) 西部地区:基于产业后发优势,发力智能制造领域逐步打造机器人全产业链。

西部地区大多处于我国内陆区域,与国际市场接轨较晚,装备制造业市场发育滞后,规模虽大而缺乏核心竞争力,企业生产效率一般且积极性有限,直接影响了当地经济发展水平与百姓生活。机器人产业作为撬动高端制造业发展的强大支点,为西部地区制造业发展与经济腾飞提供了良好的弯道超车条件。遵循先引进后自主的发展模式,西部地区基于产业后发优势,在消化吸收国内外先进机器人研发制造经验的基础上,培育本区域内机器人本体、零部件及智能制造解决方案提供相关企业,逐步打造集研发生产、系统集成、零部件配套、智能化改造和示教培训于一体的机器人及智能装备产业链,在产业规模增长、创新能力激活、发展环境建设等方面取得显著成果,发展前景可期。

指标特点:产业规模效益再创新高;产业结构水平总体稳定;产业创新能力稳中有升;产业集聚情况有所下滑;产业发展环境面临挑战。

5.1.4 机器人技术人才教育

当前我国机器人市场正处于快速增长时期,各类人才需求缺口较为庞大。国务院办公厅和教育部先后出台《关于深化产教融合的若干意见》《职业学校校企合作促进办法》等一系列文件举措,深化产教融合、校企合作机制,为我国机器人领域的人才培养提供有力保障。为积极落实贯彻国家政策,各地方政府结合区域内机器人产业发展现状,鼓励机器人企业及园区联合地方高校共同培养机器人应用型人才,完善机器人领域从中职、高职、应用型本科到专业学位研究生人才培养体系,围绕智能制造产业链、创新链优化专业布局,基本形成与制造业产业布局相适应的工业机器人相关学科专业设置。在我国东南沿海地区,地方政府充分借鉴德国职业教育“双元制”模式,出台政策成立专门财政相关项目,建设多元投入、资源共享、独立运作的公共实训中心,探索基于工作过程和生产项目的校企协同育人机制。通过结合区域内机器人产业发展基础,鼓励现有园区机器人企业和地方高校联合培养机器人研发和应用型人才,有效破解校企合作运行机制不顺畅、合作协议不规范、成果转化不明显

等难题。

1. 工业机器人相关产业分析

工业机器人按产业链分为上游、中游和下游。上游生产核心零部件,包括控制器、伺服系统、减速器,如生产控制器的 KEBA、贝加莱等,生产伺服电机的安川、三洋等,生产减速器的 Nabtesco、Armonic Drive 等;中游是工业机器人本体生产商,主要包括工业机器人本体,如 ABB、FANUC、YASKAWA、KUKA 等;下游是系统集成商,包括单项系统集成商、综合系统集成商,这类集成商按照工艺行业细分,有很多在特定行业或者特定工艺领域有独到的技术,因此该类企业数量众多,大部分系统集成企业的工作模式是非标准化的,从前期方案制定到项目实施以及到最终的验收与实际应用,都较难具备规模性和复制性。

当然,还有很多与机器人相关的企业使用单一的工业机器人工作站进行生产加工,无法满足他们的生产工艺需要,他们一般要求系统集成商按照自己产品的工艺和特点定制相应的工业机器人自动化生产线,例如大众汽车、富士康、格力、娃哈哈等。

2. 工业机器人相关产业人才需求分析

工业机器人从 20 世纪 60 年代出现以来,迅速在工业发达国家得到了普及应用,因此在发达国家,上游和中游产业链已经完全成熟,所有研发及生产基本都是流程化,主要需要少量高水平研发型人才。

改革开放以来,中国通过先天的人口红利优势迅速将国家建成为世界制造工厂,但是目前我国制造业大而不强,产品质量不高,人口红利消失严重制约我国制造业的发展。因此从 2013 年以来,国家一直大力提倡制造业转型升级,传统依靠廉价劳动力的方式无法持续。在制造业这种大环境下,越来越多的生产企业希望进行自动化升级改造,这也就催生了数量庞大的工业机器人系统集成商,同时这些改造完成的工厂也需要工程师来操作维护工业机器人生产线。

据不完全统计,目前仅珠三角地区就有工业机器人系统集成商 3000 家,它们主要需要三类人才,一是工业机器人系统集成开发工程师,这些工程师进行生产线或者工作站的设计开发,他们需要有扎实的工业机器人、机械、电气、PLC、传感器等专业基础知识;二是售前售后技术支持工程师,这些工程师进行工业机器人工作站的讲解、培训、安装、编程和调试等工作,他们需要掌握工业机器人、PLC、气动、电工等专业知识和技能;三是现场安装、调试、维护工程师,这些工程师进行工作站的安装、编程、调试、维护等工作,他们需要掌握工业机器人、PLC、气动、电工、钳工等技能,如图 5-5、图 5-6 所示。



图 5-5 工业机器人应用人才需要重点关注的技能指标(资料来源:中国电子学会整理)

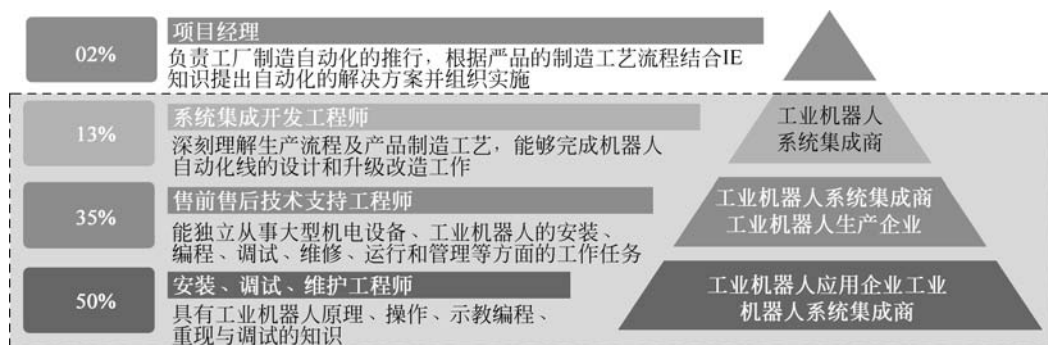


图 5-6 工业机器人行业人才需求分析

同时，工业机器人应用企业在建成工业机器人生产线之后，也需要现场调试及维护工程师，这些工程师主要进行程序编制及系统维护等工作。

3. 机器人工程专业设置情况

机器人或机器人工程本科专业是国外大学（主要是美国）近几年才开始建设的新专业，特点：依托不同的学科，发挥各自学科特点和优势并强化在机器人工程专门领域的学科地位。Worcester Polytechnic Institute(WPI,美国)：依托计算机(CS)、电子信息(ECE)、机械工程(ME)等学科；加州大学 Santa Cruz 分校(UCSC,美国)：依托计算机(CS)专业；Lawrence Technological University(LTU,美国)，依托机械工程(ME)专业。University of Detroit Mercy(UDM)：依托机器人与机电系统工程(Robotics and Mechatronic Systems Eng)，近年来 ASU, ISU, JWU, PURDUE, UM-Dearborn 也新开设了类似专业，同时部分应用型或社区大学也新开设了自动化与机器人专业。

日本早稻田、马来西亚技术大学(University Technology Malaysia)、澳大利亚 Flinders 大学等也开设了类似专业。

在我国，根据教育部《普通高等学校本科专业设置管理规定》第六条：专业目录包含基本专业和特设专业。基本专业一般是指学科基础比较成熟、社会需求相对稳定、布点数量相对较多、继承性较好的专业。特设专业是满足经济社会发展特殊需求所设置的专业，在专业代码后加“T”表示。根据第十三、十四条，新设特设专业过程主要有 3 步：学校申报，教指委咨询，教育部组织评审、批准。

国内，机器人工程专业最早由东南大学提出申请并获批准，后来才有其他学校新增备案本专业。具体设置过程：

2013 年自动化教指委战略研讨“自动化类专业布局”，提出设置方案，专业名：“智能机器人”；2014 年东南大学通过学校申报“智能机器人”，经教指委咨询，教育部组织评审（通过），但教育部未正式批准（公布）；2015 年东南大学再次申报“智能机器人”，教育部（专家评审后要求更名为“机器人工程”，代码 080803T）正式批准，列入新专业目录。在 2016 年教高函[2016]2 号文件《教育部关于公布 2015 年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知》中正式同意东南大学增设机器人工程(robot engineering)新专业，属于工学(08)自动化类(0808)下的一个特设专业(080803T)，修业年限：4 年。

东南大学是 2016 年第一批（也是唯一的一所）招收机器人工程专业的学校，从 2016 年

起,全国各高校纷纷开始申报机器人工程本科专业,到目前为止(2021年1月),教育部共审批通过了249所高校具有招收机器人工程专业的申请,其中,2016年25所学校申报获批准,2017年60所学校申报获批准,2018年101所学校申报获批准,2019年62所学校申报获批准。除此之外,国家也在根据我国实际情况新增审批与机器人工程专业相似的专业,以满足行业需求,比如2018年教育部同意哈尔滨工程大学新设海洋机器人专业(081904T)。2016年普通高等学校本科机器人工程专业备案和审批结果如表5-1所示。

表 5-1 2016 年度普通高等学校本科专业备案和审批结果教高〔2017〕2 号)日期: 2017-03-17

序号	主管部门、学校名称	序号	主管部门、学校名称
1	东北大学	14	南昌理工学院
2	湖南大学	15	山东管理学院
3	北京信息科技大学	16	武汉商学院
4	辽宁科技学院	17	广州大学
5	沈阳科技学院	18	广东白云学院
6	吉林工程技术师范学院	19	广东工业大学华立学院
7	哈尔滨远东理工学院	20	北京理工大学珠海学院
8	哈尔滨华德学院	21	华南理工大学广州学院
9	常熟理工学院	22	广西科技大学
10	南京工程学院	23	重庆文理学院
11	三江学院	24	西安文理学院
12	安徽工程大学	25	西安航空学院
13	安徽三联学院		

5.2 机器人工程专业培养目标

培养目标是人才培养首要问题,是纲领性文件,它不但决定本专业的课程体系,也决定了本专业的培养定位、实习实训建设、教师队伍建设等一系列问题。

培养目标主要体现在自动化与智能化为核心的创新研究人才培养为特色。培养对象可结合专业所在高校院系自身的学科优势形成专业特色和优势,并体现在学生个人的兴趣、特点和专长强项能力上。围绕机器人工程专业特色或强专长的对象领域包括机械臂、移动平台、整机系统、系统集成、核心控制器、实时嵌入式软件、感知技术、驱动技术、优化控制与决策、通信技术、人机交互、工业应用、工业行业应用、智能算法等一项或多项,也可以是设计理论、实时系统、智能与嵌入式软件、制造与装配、维护应用技术等。

总体上,机器人工程专业的人才培养须符合教育部颁发的《普通高等院校本科专业类教学质量国家标准》要求,在机器人工程核心课程和知识体系的基础上,满足工程教育专业认证的通用要求。

应定期评价培养目标的合理性并根据评价结果对培养目标进行修订,评价与修订过程有行业或企业专家参与。

当然,机器人工程专业的培养目标与高校的层次相关,对研究型、教学研究型、应用型高校而言,不同层次高校的培养目标也不相同。研究型高校一般是坚持多学科交叉、重视创新创业的理念,致力于培养机器人及相关领域的学科交叉融合、创新创业等能力的技术人才,就业途径基本是围绕机器人相关领域从事设计、开发进行培养,主要是在高校、科研院所、高新技术企业从事科学研究工作。而应用型高校一般是把培养高素质的应用型工程技术人才放到首位,强调的是应用型人才培养,重点是会应用机器人于某领域。同时也要与高职区别开来,是在熟练掌握机器人原理和相关理论前提下进行机器人的应用,一般要求到达到系统集成层次。

5.2.1 研究型高校培养目标

1. 某 985 大学 1

机器人工程专业的培养目标:本专业培养以机器人为主要对象和工具的系统、软件和算法设计、开发和应用工程师,培养人格健全、责任感强、具备基本科学和工程技术素养、机器人机械设计基础知识、掌握扎实的数字控制、信息技术知识、系统的计算机硬软件及算法设计知识和应用能力、较全面的机器人系统设计、分析、构建(开发)和编程(应用)技能,在机器人工程与系统应用领域具有显著专业特长和较强创新实践能力的综合型工程技术人才。毕业后,可从事机器人核心部件研发、软件开发、机器人系统总成、智能制造与服务等领域的科学研究、技术开发、应用维护及管理工作,并具备在工作中继续学习、不断更新知识的能力。经过 5 年左右的实践锻炼,能够成为机器人工程及相关领域的高级专门人才。

2. 某 985 大学 2

机器人工程专业的培养目标:面向国家机器人科技发展趋势,培养适应国际科技前沿和国家战略发展需求,符合社会 and 行业发展需要,熟悉国际规则和惯例,掌握机器人科技的基础理论和专业知识,具有从事机器人领域的工作技能,富于创新精神和实践能力以及较强国际沟通能力的高素质复合型人才。

3. 某 985 大学 3

机器人工程专业的培养目标:坚持以机器人技术为主,融合智能感知技术、机器视觉、伺服运动控制、导航与规划技术于一体的电气信息类宽口径工程教育,重培养理论基础厚、工程素质高、动手能力强,机器人领域的研究型与复合应用型人才。要求学生了解机器人领域的理论前沿与发展动态,掌握机器人系统的基本理论,具有初步的科学研究能力和较强的实际工作能力。将机器人感知技术、机器视觉、伺服运动控制、导航与规划等技术进行有机融合,具有在机器人领域从事机器人结构设计、智能感知技术、伺服驱动、运动控制、导航与规划等方面的独立工作能力。

5.2.2 应用型高校培养目标

应用型高校主要以机器人应用与开发为主线,面向各类机器人系统的工程开发及应用,培养掌握各类现代机器人机构及控制系统设计、系统方案设计、系统集成、离线编程仿真、工作站运行维护等集成应用、研发以及检测与维护、生产运行与管理等技术,具有扎实机器人理论基础、较强机器人工程实践和创新能力的高素质应用型工程技术人才。

1. 某应用型大学 1

机器人工程专业人才培养目标：本专业以工程实际为背景,以机器人机械结构、运动控制、可编程控制、微处理器应用、机器人控制技术与系统集成及编程应用、能力培养为主线,重视软硬件相结合、强弱电相结合,培养掌握电工电子技术、自动控制、运动控制、自动检测技术、可编程控制系统、微处理器系统与网络技术、工业机器人结构与控制技术、机器人传感器等较宽领域的扎实的专业知识和工程能力,能在工业自动化,特别是工业机器人技术及相关控制系统领域从事系统设计与开发、技术集成、系统安装、运行、维护和技术管理等方面工作的高级工程技术人才。

2. 某应用型大学 2

机器人工程专业人才培养目标：本专业以培养德、智、体、美全面发展,适应地方社会经济发展需要,具备良好的科学文化素养和机器人应用工程师的基本素质,系统掌握工业机器人系统设计制造、工业机器人系统的编程与调试的基础理论知识,具有较强的理论分析能力、工程实践能力和创新创业能力,具有机械自动化、智能化适应能力与创新发展潜力,培养学生能够在机器人制造厂商、机器人系统集成商、机器人的应用商从事机器人技术支持、机器人工作站编程与调试的高级工程技术应用型人才。

3. 某应用型大学 3

机器人工程专业人才培养目标：本专业面向国家智能制造发展需求,培养掌握机器人基础知识、专业技能、创新实践和工程应用能力,具有机器人及其周边领域技术开发、产品服务、工程设计和系统运维的综合能力,具备高度社会责任感和创新创业精神,符合社会发展的需要,德才兼备的高素质应用型人才。

毕业生经过 5 年左右工程岗位的磨炼,在社会与专业领域预期能够达到下列目标:

(1) 保持身心健康,有良好的职业素养,将公众安全、健康、合法权益放在首位,有意愿并有能力服务社会;

(2) 具有较为扎实的专业基础和较好的工程实践能力,能在设计、生产或科研团队中担任机器人相关的工程师或组织管理角色;

(3) 能够随社会和技术的发展,运用合理的工具或知识解决机器人相关领域的复杂工程问题;

(4) 能与同事、国内外同行、客户和公众进行有效沟通,能够在不同的文化环境及多学科团队中有效工作;

(5) 具有自主的、终生的学习习惯和能力,能够根据自身特点和技术进步,调整职业发展规划,拓展和提高职业能力。

5.3 机器人工程专业课程体系

机器人技术是一门多学科的综合性的技术,是综合了计算机、控制论、机构学、信息和传感技术、人工智能、仿生学等多学科而形成的高新技术,是当代研究十分活跃、应用日益广泛的领域。工业机器人作为先进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。

机器人工程专业主要是研究机器人运动学、机器人动力学、机器人控制学、工业机器人操作、离线编程与虚拟仿真技术、机器人在各行业中的应用以及机器人工作站的系统集成。毕业后可从事机器人操作、工业机器人系统集成、工业机器人系统应用开发、工业机器人离线仿真等工作。近年来的毕业生集中在机器人制造厂商、机器人系统集成公司、机器人应用等自动化企业。

机器人技术面向装备制造业,以理论结合实践的教学模式,通过现有的实验实训条件,通过校企合作联合办学的优势,帮助有一定专业基础、想提高的学生或者社会人员,进入工业自动化领域的最前沿。

5.3.1 总体框架

机器人工程专业课程设置应能支持毕业要求的达成,课程体系设计有企业或行业专家参与。课程体系必须包括:

(1) 与本专业毕业要求相适应的数学与自然科学类课程(至少占总学分的 15%)。

(2) 符合本专业毕业要求的工程基础类课程、专业基础类课程与专业类课程(至少占总学分的 30%)。工程基础类课程和专业基础类课程能体现数学和自然科学在本专业应用能力的培养,专业类课程能体现系统设计和实现能力的培养。

(3) 工程实践与毕业设计(论文)(至少占总学分的 25%)。设置完善的实践教学体系,并与企业合作,开展实习、实训,培养学生的实践能力和创新能力。毕业设计(论文)选题要结合本专业的工程实际问题,培养学生的工程意识、协作精神以及综合应用所学知识解决实际问题的能力。对毕业设计(论文)的指导和考核有企业或行业专家参与。

(4) 人文社会科学类通识教育课程(至少占总学分的 15%),使学生在从事工程设计时能够考虑经济、环境、法律、伦理等各种制约因素。具体课程由学校根据培养目标与办学特色自主设置。

本专业指南中对数学与自然科学、工程基础、专业基础、专业应用四类课程提出了基本要求。

1. 数学与自然科学知识领域

(1) 数学:微积分、常微分方程、级数、线性代数、复变函数、概率论与数理统计等知识领域的基本内容。

(2) 物理:牛顿力学、热学、电磁学、光学、近代物理等知识领域的基本内容。

2. 工程基础与大类专业知识领域

可根据自身特点,在工程图学与工程设计基础、电路、电子线路/电子技术基础、电磁场/电磁场与电磁波、计算机技术基础、信号与系统分析、系统建模与仿真技术、控制工程基础、机械工程基础(精密机械设计基础)等知识领域中,除工程图学与工程设计基础外至少包括 4 个知识领域的核心内容。

3. 专业基础知识领域

包括电机驱动与运动控制基础、机器人技术基础、工业机器人系统知识领域核心知识,并在机器人软件工程、机器人动力学建模与控制、机器人机构学、机器人环境建模、感知与交互等知识领域中,至少包括 1 个知识领域的核心内容;并设置 1 门综合课程设计覆盖其中 2 个以上知识领域(3 门以上基础和专业基础课程)。

4. 专业知识领域

根据专业特点和学科优势自定。典型有多机器人系统建模与分析、模式识别与机器学习、数字图像处理、机器视觉、机器人环境建模、3D 打印技术、水下机器人、智能车、无人驾驶技术、无人机技术、特种机器人、服务机器人、机器人系统集成与应用、机器人工装设计、智能制造技术等。专业必须在专业综合层次设置一门系统综合课程设计,覆盖团队合作工程设计全过程,综合应用基础、专业基础和专业基础知识,系统设计(题目/任务)场景来源于教师科研、企业项目、科研创新(任选一组实施)训练提高,要求完成完整的设计、报告和交流评估过程。

除科学基本素养和人文社会经济等通识知识、能力培养外需要在专业知识和职业技能、情绪教育及创新意识等达到以下要求:

(1) 培养学生基本理解掌握自动化、计算机科学与技术、电子信息与电气工程、机械与精密光机电仪器、系统工程基础知识,并以其中一个作为核心或特长基础进行机器人专业人才的培养;

(2) 应设置相应的教学环节,针对不同应用,使用上述基本概念和实用技能分析、设计、构建机器人和机器人系统。

5.3.2 课程设置

1. 课程体系

典型专业基础课程包括机器人导论、电路与电子学、嵌入式系统(编程)、机器人运动学、机械系统、微处理器、系统设计工具、统一机器人学或相应四方面的课程、系统建模与分析、机器人软件工程、工业机器人系统、综合课程设计、系统综合设计等。其中本专业特有的独立核心专业课程应在四方面(4 门课角度)系统覆盖统一机器人学并强化相关教学内容:

- (1) 有效的电-机转换、运动能量传递、操作负荷和传递;
- (2) 环境交互(传感、反馈、决策过程);
- (3) 驱动设计、嵌入式计算、复杂响应过程(振动概念与运动规划响应);
- (4) 导航定位、通信(里程推算、路标更新、惯导传感、激光定位)。

在缺少条件的情况下可设置类似的课程替代,如电机驱动与运动控制、机器人技术基础、机器人定位导航、AI 移动机器人等。必须保证本课程相关内容的教学要求。

机器人导论课程从技术和方法角度提供最初的认知;工业机器人(系统)课程作为必修课程围绕制造自动化的机器人,包括机器人语言编程、实验和设计;综合课程设计可以是机械设计类,也可以是计算机软件类、机器人信息处理(算法)类,但系统综合设计课程,应覆盖团队合作工程设计全过程,机器人综合应用基础、专业基础和专业基础知识,机器人系统设计,并形成可验收评估的实体创新成果。机器人学和机械电子学知识领域如图 5-7 所示。

2. 核心课程模块

PLC 控制与编程技术、环境感知、运动控制、人机交互、操作系统及芯片几大技术模块的技术发展决定着机器人产品的应用落地程度,也是高校培养机器人工程专业人才需要设置的课程模块。对研究型或者应用型高校在上述课程模块设置上,应该结合本校实验室设备的实际情况在重点内容上有所区别。

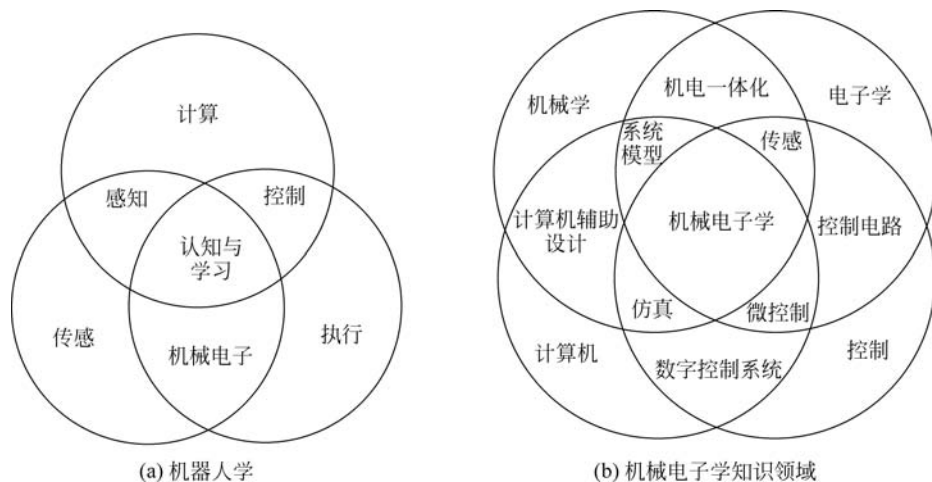


图 5-7 机器人学 Mechatronic 知识领域

PLC 是机器人(自动化)生产线的控制核心。PLC 控制与编程技术是应用型高校机器人工程本科专业课程设置的重点模块,也是工业机器人应用领域的重点。围绕机器人系统集成层次的培养目标,涉及自动化工程的许多知识,包括 PLC 控制、变频器、变压器、运动控制、传感、编程以及高低压电器件等。

环境感知技术是机器人技术体系实现的基础和前提条件,与智能机器人的地图构建、运动控制等功能息息相关。系统内的单个传感器通常仅能获得环境的信息段或测量对象的部分信息,而机器人需整合多渠道数据信息并处理复杂情况,因此机器人对环境的感知大多通过激光雷达、摄像头、毫米波雷达、超声波传感器、GPS 这五类传感器及其之间的组合来实现自主移动功能。

运动控制技术是机器人实现稳定运行的保障,定位导航与运动协调控制为两大重点研发方向。SLAM 技术是目前广泛应用的导航技术。舵机是服务机器人的核心零部件和基本构成,可以驱动和控制服务机器人的关节运动,关节越多,所需舵机数量越多,对舵机力矩的要求也越高。

基于语音的人机交互是当前人机交互技术中最主要的表现形式之一。它以语音为主要信息载体,使机器具有像人一样的“能听会说、自然交互、有问必答”能力,其主要优势在于使用门槛低、信息传递效率高,且能够解放双手双眼。体感交互是由即时动态捕捉、图像识别、语音识别、VR 等技术融合衍生出的交互方式,机器人未来有望成为高层次体感交互的载体。

操作系统能够有效地提高机器人研发代码的复用率,简化多种机器人平台之间创建复杂性和鲁棒性机器人行为的任务量。当前全球主流机器人操作系统为 Android 系统和 ROS 系统。中国自研智能机器人操作系统目前还在发展当中,大部分公司都是基于底层主流操作系统的开源架构做进一步开发,使其适合自身个性化应用。

机器人在定位导航、视觉识别、处理传输、规划执行等环节都需要用到不同类型的芯片,因此芯片对于机器人有至关重要的作用。一般在机器人中,几个支持芯片会将接口集合起来,之后再统一连接到微控制器上。中国的通用芯片技术发展水平与外国相比仍然存在很

长的路要走,短期内无法完全扭转落后格局;而在人工智能芯片领域,中国的发展情况目前走在世界前端,有望通过现有技术优势提升国际影响力。

5.3.3 招生对象与学制

专业代码: 080803T

专业名称: 机器人工程

招生对象: 普通高中毕业生或同等学力者

学制: 全日制四年

5.3.4 毕业要求

工程教育专业认证是国际通行的工程教育质量保障制度,也是实现工程教育国际互认和工程师资格国际互认的重要基础。工程教育专业认证的核心就是要确认工科专业毕业生达到行业认可的既定质量标准要求,是一种以培养目标和毕业出口要求为导向的合格性评价。按照工程教育专业认证标准,对本专业毕业生要从以下 12 个方面对毕业要求做出规定:

1. 工程知识

能够将数学、自然科学、工程基础、专业基础和专业知识用于解决机器人工程相关领域的复杂工程问题。

(1) 能够运用数学、自然科学和专业所需的工程基本知识,对机器人相关领域工程问题进行识别、分析、正确表达和求解等;

(2) 掌握专业基础知识,并能将其用于机器人工程领域相关工程问题的推演、现象分析、电路工作原理或设备运行原理分析、元件或设备选型等;

(3) 掌握机器人工程专业知识,并能将其用于机器人相关领域的方案设计和优选、系统集成、产品设计开发、设备和系统的运维与管理等。

2. 问题分析

能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理,识别、表达、并通过文献查阅、研究分析机器人工程相关领域的复杂工程问题,获得有效结论。

(1) 能够运用数学、自然科学和工程科学的基本原理,理解、分析机器人相关设备及其系统的工作过程,必要时可通过列写并求解数学或电路方程进行辅助分析;

(2) 能够运用工程科学的基本原理,对机器人工程领域的复杂工程问题中的关键环节、问题或参数进行识别、理解和准确表达,必要时可对其进行定量的分析和计算;

(3) 能借助文献研究分析机器人工程相关领域的复杂工程问题,以获得有效结论。

3. 设计/开发解决方案

能够针对机器人应用领域的工程问题设计出满足标准规范和用户需求的解决方案,并能够在设计环节中结合社会、健康、安全、法律、文化以及环境等综合因素,体现出创新意识。

(1) 能够综合运用所掌握的专业知识、技术手段和开发工具,为特定需求的设备或系统提供技术支持;

(2) 利用专业知识、设计方法,为满足特定需求和标准的机器人工程设计项目提供解决方案;

(3) 在机器人工程相关领域复杂工程问题设计过程中,体现创新意识,考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素。

4. 研究

能够基于科学原理并采用科学方法对复杂机器人工程问题进行研究,包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。

- (1) 针对复杂机器人工程问题,能够基于专业知识和技术文献,设计实验步骤;
- (2) 能够根据实验方案操作实验装置,开展实验,获得有效实验数据或波形;
- (3) 能够对实验结果进行合理的分析和解释,通过信息综合得出合理有效的结论。

5. 使用现代工具

能够针对机器人工程相关领域的复杂工程问题,开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具,包括对工程实际问题的预测与模拟,并能够理解其局限性。

- (1) 具有计算机熟练应用和电气图纸绘制的技能;
- (2) 熟悉至少一种仿真软件和一种硬件仿真工具,如 Matlab、电气制图、离线编程等,能对工程问题进行模拟和预测;
- (3) 能够根据工程实际问题检索电子文献,为工程问题的解决寻求和获取线上技术支持。

6. 工程与社会

能够基于工程相关背景知识进行合理分析,评价机器人专业工程实践和工程实际问题解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响,并理解应承担的责任。

- (1) 具有工程实习和社会实践的经历,熟悉相关的技术标准、行业政策、法律、法规;
- (2) 认识工程问题与社会伦理道德联系,具备高度的责任感从事工程活动;
- (3) 能够评估机器人工程领域中的实际问题及其解决方案可能对社会、健康、安全、法律以及文化等方面产生的影响,并能正确认识由于这些影响对项目实施的反馈作用和所应当承担的责任。

7. 环境和可持续发展

能够理解和评价针对机器人应用工程项目中的实际问题的专业工程实践对环境、社会可持续发展的影响。

- (1) 了解机器人技术对于可持续发展的影响,理解机器人行业与环境保护的关系;
- (2) 熟悉环境保护的相关法律、法规,能够从经济效益、社会效益、利用效率、污染以及安全隐患多个方面贯彻环境保护和社会可持续发展的理念;
- (3) 理解和评价机器人领域的工程实践活动对环境和社会的双重性,判断其可能对人类和环境造成损害的隐患。

8. 职业规范

具有人文社会科学素养、社会责任感,能够在机器人应用领域的工程实践中理解并遵守职业道德和规范,履行责任。

- (1) 具有健全的人格,学会科学认识和理解政治、经济、社会、文化、历史等各种现象及发展规律,科学看待外部世界和自身;
- (2) 了解国情,培育和践行社会主义核心价值观,维护国家利益,具有推动民族复兴和

社会进步的责任感；

(3) 理解工程伦理的核心理念,了解机器人工程师的职业性质和责任,在工程实践中,能自觉遵守职业道德和规范,具有法律意识。

9. 个人和团队

能够在团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色。

(1) 对企业生产或生产线运行过程有认知能力；

(2) 能够主动与其他学科的成员合作,胜任团队成员的角色与责任；

(3) 具有技术团队构建、运行、协调和负责的能力。

10. 沟通

能够就机器人工程相关领域的复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流,包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令,并具备一定的国际视野,能够在跨文化背景下进行沟通和交流。

(1) 具备就机器人工程相关领域的工程实际问题进行人际交往和口头表达的能力；

(2) 具有撰写设计文稿、技术总结报告及项目申请报告的能力；

(3) 具备一种外语的应用能力,能够阅读相关专业外文文献,在跨文化背景下具有一定的沟通 and 交流能力。

11. 项目管理

理解并掌握工程管理原理与经济决策方法,并能在多学科环境中应用。

(1) 了解机器人工程相关领域工程管理与经济决策基本知识,理解并掌握相应的工程管理与经济决策方法；

(2) 能够在多学科环境中应用工程管理与经济决策方法进行工程设计与实践；

(3) 具有初步的项目实施过程中的运行和管理能力。

12. 终身学习

具有自主学习和终身学习的意识,有不断学习和适应发展的能力。

(1) 能够认识不断探索和学习的重要性,具备自主学习和终身学习的意识；

(2) 掌握自主文献检索、资料查询及运用现代信息技术跟踪并获取相关信息的基本方法；

(3) 能够针对个人或职业发展的需求,采用合适的方法自主学习、自我完善、自我提高、可持续发展。

5.4 机器人工程专业培养定位

5.4.1 专业培养规格

1. 知识结构

需要掌握从事机器人领域工作所需的数学、物理等自然科学知识,具有初步的工程经济、管理、社会学、法律、环境保护等人文与社会学的知识,系统地掌握本专业领域所必需的较宽的基础理论知识。

(1) 掌握高等教育阶段和专业基本素质必需的文化基础知识；

- (2) 掌握必要的人文科学知识;
- (3) 掌握一定水平的计算机基础知识;
- (4) 掌握特殊工业软件的开发基础知识;
- (5) 掌握机械设计、电气设计、装配钳工、维修电工的基本理论知识;
- (6) 掌握液压与气动控制的基本理论知识;
- (7) 掌握一般机电设备安装调试及维修的基本理论知识;
- (8) 掌握常用传感器原理以及选型基础;
- (9) 掌握机器人的结构与原理、运动学等基础知识;
- (10) 掌握机器人控制与编程等理论基础知识;
- (11) 掌握机器人系统二次开发理论知识;
- (12) 掌握机器人工作站设计、安装与调试的基础理论知识;
- (13) 掌握自动化生产线系统集成的基本知识。

2. 能力结构

- (1) 具有较高的文化素养及职业沟通能力,能用行业术语与同事和客户沟通交流;
- (2) 具有应用计算机和网络进行一般信息处理的能力,以及借助工具书阅读本专业英文资料的初步能力;
- (3) 具有普通机械、电气、焊接、视觉等应用软件的设计开发能力;
- (4) 能读懂机器人设备的结构安装和电气原理图;
- (5) 能开发较复杂的 PLC 控制系统;
- (6) 能编制工业机器人控制程序;
- (7) 能够对特殊工控软件进行底层开发;
- (8) 能够对机器人系统、视觉系统进行二次开发;
- (9) 具有机器人工作站的日常维护与运行的基本能力;
- (10) 具有机器人工作站常见故障诊断与排除技能;
- (11) 具有机器人工作站周边设备的维护与调试的能力;
- (12) 具备机器人工作站的设计、选型、功能开发等系统集成能力;
- (13) 具备一定的现场总线应用技术能力;
- (14) 具备自动化生产线系统集成能力。

3. 素质结构

- (1) 热爱机器人工作岗位,有较强的安全意识与职业责任感;
- (2) 有较高的团队合作意识,能吃苦耐劳;
- (3) 能刻苦钻研专业技术,终身学习,不断进取提高;
- (4) 有较好的敬业意识,忠实于企业;
- (5) 严格遵守企业的规章制度,具有良好的岗位服务意识;
- (6) 严格执行相关规范、标准、工艺文件和工作程序及安全操作规程;
- (7) 爱护设备及作业器具;着装整洁,符合规定,能文明生产。

以工业机器人为例的机器人工程专业要求的要素、具体要求、支撑知识和对应课程之间的关系见表 5-2。

表 5-2 工业机器人专业人才具体要求

要素	具体要求	支撑知识	对应课程
良好的思想政治、职业道德及修养	坚定的爱国主义信念； 了解国家有关法律法规及方针政策，无违法犯罪记录； 具有正确的世界观、人生观和价值观； 具有良好的社会公德和职业道德； 热爱机器人事业； 具有勤奋好学、爱岗敬业、诚实守信、团结协作、吃苦耐劳的优良品质，较强的法律、法治意识以及服从、服务意识	马克思主义理论知识； 机器人行业及企业要求； 职业道德及修养知识	《思想道德修养与法律基础》 《毛泽东思想概论》
健康的身体及心理	掌握现代体育运动基本知识和基本技能，具有文体特长； 身体健康、健美，达到《大学生体质健康标准》所规定的各项指标； 具有开朗、理智、真诚、坦荡的性格和良好的人际关系； 具有教育部《普通高校大学生心理健康工作实施纲要（试行）》所规定的要求，心理健康，人格完善； 具有较强的心理适应能力和健全的意志品质； 良好的形体、规范的礼仪	体育知识； 健康与安全知识； 心理学知识； 社会学知识	《军事训练》 《大学体育》 《心理健康教育》
较强的专业能力	能读懂进口设备相关英文标牌及使用说明； 能读懂机器人设备的结构安装和电气原理图； 能设计设备的电气原理图、接线图、电气元件明细表； 能设计简单单机机械部件零件图和装配图； 能应用操作机、控制器、伺服驱动系统和检测传感装置编制逻辑运算程序； 能开发较复杂的 PLC 控制系统； 能够进行单体工业机器人工作站系统集成； 能维护、保养设备，能排除简单电气及机械故障； 具有创新意识和创新能力，能根据企业的发展及需求改造和革新原有设备；	与本专业相适应的专业英语知识； 常用电子元器件、集成器件、单片机的应用知识； 传感器应用的基本知识； 应用机械传动的基础知识； PLC、变频器、触摸屏、组态软件控制技术的应用知识； 交流调速技术的应用知识； 机械系统绘图与设计的基础知识； 计算机接口、工业控制网络和自动化生产线系统的基础知识； 机器人原理、操作、编程与调试的知识； 检修机器人系统、自动化生产线系统故障的相关知识；	《大学英语》 《电工电子技术》 《电工电子技能训练》 《自动控制原理》 《电气控制与 PLC》 《单片机原理及应用》 《机械设计与制图》 《机械装置调试技能训练》 《传感器与检测技术应用技能训练》 《液压与气动技术》 《工业机器人技术基础》 《工业机器人离线编程与仿真技术》 《工业机器人系统集成与应用》 《C 语言程序设计》 《通信网络技术技能训练》

续表

要素	具体要求	支撑知识	对应课程
较强的专业能力	具有一定的生产管理、质量管理能力,能够培训和指导本专业初级、中级技术工人进行生产活动; 有较强的灵活应变及突发事件、问题处理能力; 较强的客户关系管理及公关能力	本职业的相关“四新”知识; 生产管理和质量管理的基础知识; 具有同本职业工种相关行业的基础知识	《机器人技术技能训练》 《智能制造系统》 《机器人安装与调试技能训练》 《机器人现场编程技能训练》 《机器人故障诊断技能训练》
社会能力	安全与法律意识; 环境保护意识; 团队协作能力; 交际与沟通能力; 乐观意识; 形象意识; 抗压能力; 质量意识; 法律意识; 开拓精神	法律知识; 环保知识; 语言知识与沟通知识; 形象与礼仪知识; 心理学知识; 服务知识	融入所有课程的学习之中
方法能力	信息获取能力; 自主学习能力; 运用知识能力; 制定工作计划能力; 独立解决问题能力; 灵活应变能力; 持续改进能力; 组织能力	信息获取的方法、途径; 学习的习惯、方法; 计划的方法、内容及要求; 问题处理的原则、方法及技巧	融入所有课程的学习之中

5.4.2 就业岗位及要求

1. 主要就业单位

- (1) 工业机器人本体制造企业: ABB、FANUC、YASKAWA、新时达等制造厂商;
- (2) 工业机器人系统集成商: 单项系统集成商、综合系统集成商;
- (3) 工业机器人系统终端用户: 工业机器人应用等自动化企业;
- (4) 机电一体化专业的就业单位。

2. 主要就业部门及岗位

入职岗位: 工业机器人工作站调试、编程,工业机器人工作站集成设计与开发助理、调试与技术支持,智能控制系统及设备的装配、调试、维护与维修,简单智能设备设计,过程控制设计,售后、技术支持、生产管理、销售推广等技术服务岗位,以及班组长等基层管理岗位。

晋职岗位: 工业机器人系统集成商、应用企业的中层管理人员(包括经理、副经理、部门主管),项目经理,集成开发工程师。

职业迁移岗位: 工业机器人制造厂商、工业机器人应用企业及系统集成商等企业的机器人系统二次开发、生产线方案设计、技术改造、项目开发等技术服务、设计或管理工作。

以工业机器人为例的机器人工程专业毕业生就业岗位与能力要求之间的关系见表 5-3。

表 5-3 就业岗位及工作要求表

序号	核心工作岗位及 相关工作岗位	岗 位 描 述	能 力 要 求
1	核心 岗位	工业机器人工作站 方案设计；工业机 器人工作站系统仿 真设计；工业机器 人工作站主控系统 程序设计	(1) 能分析客户需求情况； (2) 能根据客户需求情况选择工业机器人； (3) 能根据客户需求选择外围控制系统； (4) 能设计机器人与主控的基本接口； (5) 能设计数控系统与主控的基本接口； (6) 能针对客户需求编制设计方案； (7) 能使用工业机器人仿真软件进行系统仿真； (8) 能使用电气软件进行控制系统仿真； (9) 能编制主控系统程序； (10) 能编制安全控制器系统程序； (11) 能根据对象对机器人视觉系统进行设置和开发； (12) 能对工业机器人工作站系统进行二次开发和设计
2		工业机器人工作站 电气系统开发和设 计；工业机器人电 气系统安装与调试； 工业机器人程序编 制；工业机器人工 作站维护；工业机 器人总控系统编程、 调试(PLC、人机交 互、总线通信等功 能的设计和开发)	(1) 能读懂机械原理图； (2) 能设计工作站电气系统； (3) 能对工业机器人电气系统进行安装及调试； (4) 能根据现场情况对工业机器人进行编程和调试； (5) 能设计和开发机器人与外设的通信； (6) 能熟练掌握工业机器人的工作原理； (7) 能进行工业机器人大部分故障诊断和排查； (8) 能运行组态和触摸屏技术设计工作站总控系统的人机界面； (9) 能对工业机器人总控系统中 PLC 进行硬件设计和调试； (10) 能编程实现 PLC、单片机和外围设备的通信控制
3	相关 岗位	工业机器人工作站 系统常规保养,故障 排除,根据相关工艺 要求调整工业机器 人系统程序	(1) 能编写维护保养计划,对工业机器人及工作站系统进行维护保养； (2) 能识别工作站系统故障类型,并能排除常见故障； (3) 熟悉工作站系统生产工艺,熟悉系统整体程序架构,能根据生产要求,对工作站系统程序进行调整； (4) 能编写相关运行维护报告
4		技术销售	(1) 熟悉工业机器人产业情况及各个典型工业机器人公司产品； (2) 熟悉工业机器人典型行业应用情况； (3) 具有一定的交流沟通能力； (4) 能发现客户潜在需求,并制定相应系统方案； (5) 常用办公软件使用能力； (6) 具有吃苦耐劳精神及团队协作的能力
5		品质管理助 理工程师	(1) 能熟练掌握产品原理图； (2) 能使用常用检测工具检测产品； (3) 能撰写产品质检报告； (4) 具备沟通能力,明确质量控制需求； (5) 能按照 ISO 质量控制流程进行质量控制； (6) 能撰写质量控制报告

5.5 机器人工程专业实验实训基地建设

5.5.1 基本条件要求

机器人工程专业可设置在具备工科教育环境的研究型大学、应用型本科院校相关院系或创新中心,在基本办学条件、基本信息资源、教学经费投入上达到专业规划人才培养目标所需的最低要求。

1. 生源及学习环境支持条件

(1) 具有吸引优秀生源的制度和措施。

(2) 具有完善的学生学习指导、职业规划、就业指导、心理辅导等方面的措施并能够很好地执行落实。

(3) 对学生在整个学习过程中的表现进行跟踪与评估,并通过形成性评价保证学生毕业时达到毕业要求。

(4) 有明确的规定和相应认定过程,认可转专业、转学学生的原有学分。

2. 教学运行支持条件

(1) 教室、实验室及设备在数量和功能上满足教学需要。有良好的管理、维护和更新机制,使得学生能够方便地使用。与企业合作共建实习和实训基地,在教学过程中为学生提供参与工程实践的平台。

基础课程与相关大类专业基础实验室在生均面积、生均教学设备在数量和功能及运行经费上满足教学需要,实验开出率应达到 90% 以上。每个实验既要有足够的台套数,又要有较高的利用率,原则上验证性实验 1~2 人/组;综合性实验可 2~3 人/组,综合设计不超过 5 人/组,但必须明确分工关系;指导教师(含助教、实验助手)与学生数比 1:30 为宜;综合设计指导教师同时指导的学生不超过 4 组。

在实验条件方面具有相对独立的机器人工程专业基础与专业实验室,实验设备完好、充足,能满足各类课程教学实验和实践的需求。基础实验和实训设备由专业教学设备厂商提供,有根据设备资源结合本专业的特点、优势、特长和行业需求等编写的实验指导教材。实验设备的完好率应达到 90%,实验开出率应达到 90% 以上。

建议实验室配备的实验设备:

桌面式机械臂、移动小车等——机器人技术基础认知与实验装置;

6DOF(3kg)串联式工业机器人及作业平台——机器人自动化与智能制造实验设备,建议为台式;实训系统可为 6kg 及以上工业机器人;

移动双臂服务机器人——智能服务与共融交互实验设备。

以机电系统为特色的专业可选配部分并联机构的工业机器人;

以自动化及智能化为特色的专业可选配具有实时操作系统背景的嵌入式系统或工控机模块(带 Ether CAT 工业以太网接口),选配 Ether CAT 交流伺服驱动器和 200~400W 小型伺服电机。

有条件的专业实验室还可选配小型机器人自动化生产线。

机器人专业实验室系统应重视相关模拟仿真软件的使用,在认知和实物实验尽量充分进行模拟实验,并广泛收集机器人工程相关计算机(机器人)开源硬件和开源软件的代码等资源,并以合理形式提供给学生,作为课内和课外实践参考。

机器人专业实验室应配有专职实验室管理人员,负责设备的安全操作培训、设备维护,操作臂负载 3kg(不含)以上、臂展超过 500mm 的机器人必须设立安全区进行隔离。

应有一定数量且相对稳定的专用实习基地(可在校外工厂、公司、研究所中建立);专业实习要有具体的实习大纲,明确的实习内容,原则上到相关的技术开发或生产应用企业,也可在校内省级以上重点专业实验室从事技术开发或产品试制等研究实习工作。

(2) 计算机、网络以及图书资料资源能够满足学生的学习以及教师的日常教学和科研所需。资源管理规范、共享程度高。

5.5.2 应用型本科机器人工程专业实验实训基地*

应用型高校与研究型高校在培养目标上的差别决定了各自在实验室建设方面一定有所区别。应用型高校培养的学生既不同于研究型高校培养的研究或设计层次,也不同于高职院校培养的实际操作型层次,应该是介于二者之间的系统集成层次的应用型人才,要求既要熟悉机器人工程相关设计理论又要会工程操作维护。所以,相应的实验室建设就要求既有供学生自主研究、二次开发的创新型设备,又要有实际操作的工业设备,且设备台套数量一定与学生数量相匹配。

新松机器人实训基地由辽宁省机器人驱动与控制工程实验室、重载机器人标准化研究与验证联合实验室、机器人实训基地三部分组成。面向机器人驱动与控制、智能制造领域培养应用型人才的同时,面向区域行业企业开展产品研发、技术改造、标准化研究与验证等技术服务,并承担引领地方机器人产业发展、培养行业企业骨干技术人员的任务。

基地建设总投资 2436 余万元,占地总面积约 4723.67m²,设备累计投资约 1236 万元,拥有自平衡小车、履带小车、机器人教学系统、NAO 机器人、四旋翼飞行器、安川机器人、四自由度 SCARA 机器人、智能移动机器人、数控精密测量与控制系统、三坐标测量仪、运动控制卡(器)、水平多关节视觉分拣系统、并联机器人分拣系统、智能制造实训生产线、基础应用实训单元、半实物仿真实训系统、离线编程软件、虚拟教学软件、搬运码垛智能应用实训系统、工业机器人拆装工作站等。基地建设有应用开发中心、综合应用实训中心、智能制造应用实训中心、机器人半实物仿真实验室、机器人基础应用实训中心、机器人结构综合实训中心、工业机器人技术研究实验室、学生创新工作室等。涵盖了从机器人离线编程软件-仿真软件-半实物仿真-基础工作站-拆装实训-典型系统应用-智能制造生产线的完整的机器人实训体系,可容纳 300 人同时开展教学、培训、实训业务。

1. 工业机器人拆装工作站

本实验室有新松机器人整体拆装平台 1 套,安川工业机器人系统 1 套。

工业机器人拆装维护工作站,以真实的工业机器人为基础,可以对其本体进行零件级的拆解和安装,让学生充分了解工业机器人本体的组成结构和装配过程,可以对内部的常见故障进行排除,完成简单的维修操作,并对本体精度进行标定和参数复位。

工业机器人拆装维护工作站主要针对学生培养安装操作技术而设计开发,让学生深入

学习工业机器人内部构成,理解工业机器人的运动过程、驱动传动方式,掌握部分核心部件的安装及配合要点,具备工业机器人本体装配、故障排查、简易维修及零件更换技能,使故障工业机器人尽快恢复生产,缩短工厂停工时间,节约成本,可以服务于工业机器人本体厂商、维修企业和二手机器人经销商。机器人拆装工作站如图 5-8 所示。

拆装工作站设备各系统组成如表 5-4 所示。



图 5-8 拆装工作站

表 5-4 拆装工作站设备各系统组成

新松机器人整体拆装平台			安川工业机器人系统		
序号	名 称	数量	序号	名 称	数量
1	工业机器人	1	1	工业机器人	1
2	吊装工具	1	2	控制器	1
3	安装工作台及定位工具	1	3	示教器	1
4	辅助翻转台	1	4	空气压缩系统	1
5	拆装工具	1	5	实验台	2
			6	传送带	1
			7	实验零件	若干

2. 基础应用实验室

本实验室有工业机器人基础教学实训系统共 8 套。

系统由工业机器人、教学模块、安全围栏等组成;可通过机械、电气、编程等方面的实训,让学生掌握工业机器人系统集成控制的基础知识。该系统侧重工业机器人的基础操作与应用。通过对机器人码垛拆垛、绘图等操作,让学生掌握工业机器人最基础的操作;基础教学工作站有一定的拓展性,学生可以自行设计和改造机器人夹手,设计不同的教学实验,用工业机器人实现不同的功能。基础应用实验室如图 5-9 所示。



图 5-9 基础应用实验室

基础应用实验室设备系统组成如表 5-5 所示,功能模块如表 5-6 所示。

表 5-5 基础实验室单套系统组成

序号	名 称	数量	序号	名 称	数量
1	工业机器人	1	5	轨迹造型模块	1
2	工作站外围组件	1	6	焊接模块	1
3	机器人底座	1	7	搬运、码垛模块	1
4	基础工作平台	1	8	装配模块	1

表 5-6 基础实验室 STSBA-01 设备功能模块

配置模块	设备型号	配置参数
工业机器人	SR10C-E	6 轴, 负载 10kg, 运动范围 1390mm
一体式工作站		长宽高: 1800mm×1800mm×2000mm
轨迹造型模块		直线、圆弧、样条曲线等多种轨迹
焊接模块		角焊缝、立焊缝、V 型焊缝、搭接焊等
搬运码垛模块		井字形、回字形、纵横交错式等
装配模块		轴类、盘类等零部件装配

机器人本体主要参数如下:

结构形式 6 轴串联; 负载不小于 10kg; 重复定位精度 $\pm 0.05\text{mm}$; 最大工作半径不小于 1390mm;

运动范围:

1 轴: $\pm 170^\circ$; 2 轴: $+90^\circ \sim -155^\circ$; 3 轴: $+190^\circ \sim -170^\circ$; 4 轴: $\pm 180^\circ$; 5 轴: $\pm 135^\circ$; 6 轴: $\pm 360^\circ$;

最大运动速度:

1 轴: $125^\circ/\text{s}$; 2 轴: $150^\circ/\text{s}$; 3 轴: $150^\circ/\text{s}$; 4 轴: $300^\circ/\text{s}$; 5 轴: $300^\circ/\text{s}$; 6 轴: $400^\circ/\text{s}$;

手腕允许力矩: 4 轴: $15\text{N} \cdot \text{m}$; 5 轴: $12\text{N} \cdot \text{m}$; 6 轴: $6\text{N} \cdot \text{m}$;

手腕允许惯量: 4 轴: $0.32\text{kg} \cdot \text{m}^2$; 5 轴: $0.2\text{kg} \cdot \text{m}^2$; 6 轴: $0.06\text{kg} \cdot \text{m}^2$;

本体重量: 160kg; 电源容量: 1.5kVA; 防护等级: IP65;

预装信号线(1 轴~3 轴处): 24 芯, 单芯线径 0.3mm^2 。

3. 智能生产线实验室

本实验室有工业机器人智能制造应用中心共一套。

系统包括立体仓库、AGV 小车、工业机器人、机器人自动力控装配系统、物料输送系统、视觉物料分拣系统、激光标示系统、搬运码垛装盒系统、物流管理系统、总控系统等, 组成一套完整的智能制造系统, 培养学生掌握现代物流流程设计、系统集成与工程安装、搬运机器人运作机理、视觉系统、力控系统等技术。训练机器人集成化生产线各环节设计, 重点培养学生智能制造方向实训, 掌握机器人技巧、现代物流、智能制造等多领域的融合。智能生产线实验室如图 5-10 所示。



图 5-10 智能生产线实验室

智能生产线实验室设备系统组成如表 5-7 所示, 其中的数控加工中心技术参数如表 5-8 所示。

表 5-7 智能生产线系统组成

序号	名 称	数量	组成或参数
1	智能立体仓库	1	立体库货架、堆垛机、堆垛机控制系统、工装托盘、输送系统、立体仓库操作一体机、立体仓库管理软件、立体仓储安全防护装置
2	智能 AGV 系统	1	背负举升式、磁带导航、最大速度 30m/min、弯道最大速度 12m/min、导航精度±10mm、停车精度±10mm、AGV 系统中所有系统软件
3	机器人上下料系统	1	机器人本体、机器人控制器、机器人示教器、机器人移动轨道、机器人夹具、视觉系统、换面装置、AGV 对接平台、数控加工中心、自动清洗单元
4	自动码垛系统	1	机器人本体、机器人控制器、机器人示教盒、AGV 对接平台、机器人端拾器

表 5-8 数控加工中心技术参数

组成系统名称		参 数	单 位
工作台	工作台尺寸	650×430	mm
	允许最大荷重	300	kg
	T 形槽尺寸	14×3	mm/个
加工范围	工作台最大行程 X 轴	580	mm
	滑座最大行程 Y 轴	420	mm
	主轴最大行程 Z 轴	520	mm
	主轴端面至工作台 最大	620	mm
	面距离 最小	100	mm
主轴	主轴中心到导轨基面距离	537	mm
	锥孔 (7:24)	BT40	
	转数范围	60~10000	r/min
	额定输出扭矩	35.8	N·m
	主轴电机功率	7.5/11	kW
刀具	刀具传动方式	同步齿形带	
	刀柄型号	MAS403 BT40	
进给	拉钉型号	MAS403 BT40-I	
	X 轴	48	m/min
	快速移动 Y 轴	48	
	Z 轴	48	
	三轴拖动电机功率(X/Y/Z)	1.8/2.9/2.9	kW
刀库	进给速度	1~20000	mm/min
	刀库形式	圆盘机械手式	把
	选刀方式	双向就近选刀	
	刀库容量	20	
	最大刀具长度	300	
	最大刀具重量	8	
	最大刀盘直径 满刀	φ80	
	相邻空刀	φ125	
	换刀时间	1.8	s

续表

组成系统名称		参 数	单 位
定位精度	X 轴	GB/T18400.4-2010 0.012	mm
	Y 轴	0.012	mm
	Z 轴	0.012	mm
重复定位精度	X 轴	0.008	mm
	Y 轴	0.008	mm
	Z 轴	0.008	mm
机床重量		3000	kg
电气总容量		23	kVA
机床轮廓尺寸		2020×2700×2473	mm

机器人上下料系统机器人本体主要参数如下:

结构形式 6 轴串联; 负载不小于 20kg; 重复定位精度 $\pm 0.05\text{mm}$; 最大工作半径不小于 1750mm; 本体重量 270kg; 电源容量 3kVA; 防护等级 IP65; 预装信号线(1 轴~3 轴处)24 芯, 单芯线径 0.5mm^2 ;

运动范围不小于:

1 轴: $\pm 180^\circ$; 2 轴: $+95^\circ \sim -155^\circ$; 3 轴: $-195^\circ \sim 255^\circ$; 4 轴: $\pm 175^\circ$; 5 轴: $\pm 140^\circ$; 6 轴: $\pm 360^\circ$;

最大运动速度不小于:

1 轴: $195^\circ/\text{s}$; 2 轴: $175^\circ/\text{s}$; 3 轴: $180^\circ/\text{s}$; 4 轴: $360^\circ/\text{s}$; 5 轴: $360^\circ/\text{s}$; 6 轴: $550^\circ/\text{s}$;

手腕允许力矩: 4 轴: $43.7\text{N} \cdot \text{m}$; 5 轴: $43.7\text{N} \cdot \text{m}$; 6 轴: $19.6\text{N} \cdot \text{m}$;

手腕允许惯量: 4 轴: $1.09\text{kg} \cdot \text{m}^2$; 5 轴: $1.09\text{kg} \cdot \text{m}^2$; 6 轴: $0.24\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 。

自动码垛系统机器人本体参数:

通过专用码垛机器人实现工件的自动搬运、码垛过程, 同时配合加工生产线、AGV 系统, 完成一套完整的机器人搬运码垛系统。

结构形式为 4 轴串联, 码垛专用机器人负载 $\geq 13\text{kg}$; 本体重量 $\leq 160\text{kg}$; 重复定位精度 $\geq \pm 0.06\text{mm}$; 最大工作半径 $\geq 1410\text{mm}$; 电源容量 $\leq 3\text{kVA}$; 防护等级 IP65; 预装信号线(1 轴~3 轴处)16 芯, 单芯线径 0.2mm^2 ; 标准循环 1800~2100 次/h;

运动范围: S 轴(回转): $\pm 170^\circ$; L 轴(下臂): $-110^\circ \sim +40^\circ$; U 轴(上臂): $-130^\circ \sim +20^\circ$; 4 轴: $\pm 360^\circ$;

最大运动速度: S 轴(回转) $125^\circ/\text{s}$; L 轴(下臂) $150^\circ/\text{s}$; U 轴(上臂) $150^\circ/\text{s}$; 4 轴 $400^\circ/\text{s}$;

4. 搬运码垛实验室

本实验室有新松工业机器人智能搬运码垛应用实训系统 1 套。

系统由工业机器人、输送线、教学工件、挡停机构、料理平台、吸盘夹手、工件托盘、安全围栏和搬运码垛控制系统组成, 能进行机器人自动上料、码垛、料理、自动定位等功能的实训。另可选配离线编程、视觉系统、二次开发接口等扩展应用。搬运码垛实验室如图 5-11 所示。



图 5-11 搬运码垛实验室

搬运码垛实验室设备系统组成如表 5-9 所示,机器人本体技术参数如表 5-10 所示。

表 5-9 搬运码垛设备系统组成

序号	名 称	数量	序号	名 称	数量
1	码垛机器人	1	8	顶升移栽机	1
2	工作站外围组件	1	9	气缸拨料装置	1
3	机器人底座	1	10	搬运码垛端拾器	1
4	皮带输送机	1	11	工件桌	1
5	辊筒输送机 1	1	12	教学工件	20
6	辊筒输送机 2	1	13	安全防护	1
7	倍速链输送机	1	14	搬运码垛控制系统	1

表 5-10 码垛机器人主要技术参数

型号 Type		SRM13A
负载能力 Payload		13kg
工作范围(水平)Range		1430mm
自由度数 DOF		4
标准循环 Standard cycle		1800~2100 次/h
每轴最大运动范围 Range of Motion	S	±170°
	L	+40°, -110°
	U	+20°, -130°
	4-axis	±360°
每轴最大运动速度 Maximum Moving Speed	S	125°/s
	L	150°/s
	U	150°/s
	4-axis	400°/s
本体重量 Body Weight		160kg
电源容量 Power Requirement		3kVA
防护等级(手腕)Protection(Wrist)		IP65
预装信号线(1 轴→4 轴处)Reserved Signal Wire		16 芯,单芯线径 0.2mm ²
		16 cores,0.2mm ² per conductor

5. 分拣实验室

本实验室包含由 Delta 并联机器人和 SCARA 机器人为主所构成的分拣实训系统 2 套。

主要功能是采用机器人、传输带、视觉系统等来训练学生,能够实现工件的抓取摆放作业。该实验室可满足机器人示教、机器人与工业相机手眼标定、机器人与 MES 系统通信等内容。分拣实验室如图 5-12 所示。



图 5-12 分拣实验室

分拣实验室设备各系统组成如表 5-11 所示。

表 5-11 各设备系统组成

水平多关节视觉分拣系统组成			并联机器人分拣系统组成		
序号	名 称	数量	序号	名 称	数量
1	水平多关节机器人	1	1	并联机器人本体	1
2	传送线系统	1	2	机器人控制系统	1
3	定位机构	1	3	机架结构	1
4	安全防护	1	4	视觉系统	1
5	视觉系统	1	5	气动翻料系统	1
			6	物料输送系统	1
			7	工件	20

1) SCARA 机器人本体主要参数

- (1) 结构形式 4 轴串联。
- (2) 负载不小于 10kg。
- (3) 重复定位精度不低于: $X、Y \pm 0.05\text{mm}$, $Z \pm 0.02\text{mm}$ 。
- (4) 最大工作半径不小于 1000mm。
- (5) 运动范围: 1 轴不小于 $\pm 105^\circ$; 2 轴不小于 $\pm 160^\circ$; 3 轴不小于 215° ; 4 轴不小于 $\pm 360^\circ$ 。
- (6) 最大运动速度: 1 轴不小于 $220^\circ/\text{s}$; 2 轴不小于 $450^\circ/\text{s}$; 3 轴不小于 $1100^\circ/\text{s}$; 4 轴不小于 $1200^\circ/\text{s}$ 。

(7) 四轴允许惯性力矩: 4 轴不小于 $0.26\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 。

(8) 本体重量不大于 72kg。

(9) 平均功率不大于 800W。

2) Delta 机器人本体主要参数

- (1) 最大负载: 不低于 7kg。
- (2) 工作范围: $\phi 1100\text{mm}$ 。
- (3) Z 向工作高度: $250+150\text{mm}$ 。
- (4) 重复定位精度: $\leq \pm 0.05\text{mm}$ 。

- (5) IP 等级：IP54。
- (6) 循环时间：不低于 0.36s。
- (7) 最大速度：不低于 10m/s。
- (8) 最大加速度：10G。
- (9) 碳纤维主副臂长度(320mm、820mm)。
- (10) 结构形式：4 轴并联。

6. 半实物仿真实验室

本实验室有新松公司半实物仿真系统 6 套,鞍山星启数控科技公司半实物仿真系统 1 套。

系统采用虚实结合的实训方式,保证学生能亲自在真实的示教编程器上进行编程操作,不断设计、修正虚拟工业机器人的动作及轨迹。系统软件部分是在计算机中利用三维技术构造虚拟的六自由度工业机器人,并对其应用的环境进行实时动态模拟,使学生具备工业机器人编程能力。半实物仿真实验室如图 5-13 所示。



图 5-13 半实物仿真实验室

半实物仿真实验室设备组成如表 5-12 所示。

表 5-12 半实物仿真实验室设备组成

新松公司半实物仿真系统组成			鞍山星启数控科技公司半实物仿真系统组成		
序号	名 称	数量	序号	名 称	数量
1	工业机器人示教盒	6	1	桌面式工业机器人演示实体	1
2	控制柜	6	2	机器人示教盒	2
3	虚拟工业机器人软件	6	3	机器人控制器	1
4	计算机工作站	6	4	机器人电控系统	1
			5	实训工作台	1
			6	计算机	1
			7	机器人 3D 仿真软件	1

7. 机器人离线编程实验室

本实验室有新松公司离线编程 SRVWS 软件 80 套。

离线编程软件提供一种区别于示教再现的编程方式,可以在电脑上实现机器人整个工作过程的程序编辑,能够仿真离线生成的机器人程序。离线编程软件及仿真系统具备模拟布局、优化机器人轨迹、模拟机器人速度/加速度、生成作业程序等功能,同时支持插件式开发,可动态扩展工艺模块。使用离线编程软件,可以从枯燥的机器人作业示教中解放出来,通过导入三维模型或数据,在软件中生成并优化机器人运动和路径,并检验机器人可达范

围,最后生成机器人作业,通过发送或复制到机器人控制器中,实现机器人自动作业。通过对机器人离线编程软件的学习,可以大大加强学生对机器人应用的理解,提高学生使用机器人的能力,让机器人完成各种复杂的工作。

本软件支持 CAD 导入及创建虚拟工作站并离线编程,可利用图形描述对机器人和工作单元进行仿真,实现对碰撞的自动检测。具备模拟布局、优化机器人轨迹、模拟机器人速度/加速度、生成作业程序等功能。机器人离线编程实验室如图 5-14 所示。



图 5-14 机器人离线编程实验室

8. 虚拟教学实验室

本实验室有虚拟教学软件 80 套。

虚拟教学软件采用虚拟仿真技术开发,覆盖工业机器人相关专业及岗位群,由虚拟工作站、虚拟设备构成,具有高仿真度、高情景化、高沉浸感、高参与性等特色。工业机器人虚拟教学软件以“作业”为引领,可进行机器人工作站搭建、示教编程、陪产运行、维修保养等全过程模拟仿真操作,是一款可自动跟踪、记录、评价的虚拟仿真软件。

机器人仿真实训系统:以工业机器人实训系统 1:1 建立的 3D 模型开发,含多视图、缩放、旋转、快捷视图等功能以便全面观察、学习。

包含机器人的原理认知、安装调试、机器人维护、柔性制造系统仿真系统四个部分。

(1) 原理认知部分:包含全三维环境下的工作原理讲解,包含上电、示教器使用、机器人手臂的运动过程、物料拾取、上下料等全部工作过程。

(2) 安装调试部分:包含全三维环境下的系统设备安装讲解,包含设备拆箱、搬运、定位、电气连线、安装后调试等全部安装调试工作过程。

(3) 机器人维护部分:提供相应维护工具的 1:1 三维虚拟模型、工具工作原理,学生可以在全三维环境下多角度、自由缩放方式了解工具、设备。

(4) 柔性制造系统仿真系统:柔性制造系统仿真系统充分体现了工业 4.0 的设计思路,即智能制造和高度数字化制造的概念。柔性制造系统仿真系统应该由总控实训区、物流实训区(立体仓库)、上下料实训区、MC(加工中心)加工制造实训区、打磨实训区等组成。

9. 运动控制实验室

运动控制室始建于 2014 年,设备总投资 30 万元。主要设备有:DM-GUC-400-TPV 型四轴一体化运动控制器 5 台;DM-X200-DC-ICM 开放式一维直线运动控制系统 10 台;DM-R200-DC-ICM 惯量可调转子运动控制系统;TS-2812A 型 F2812 工业控制实验开发系

统 10 台; DM-XY20XY 工作台和实验桌等部分。

本实验室是学生学习机器人专业底层运动控制的基础实验室。实验室将最为常用的运动控制小型化、模块化,配合基于 PC 和运动控制器的通用运动控制系统或者运动控制专用系统等,组成完全符合工作过程导向的实训和教学系统平台。通过实验将机器人和自动化主要课程融合到一起,培养学生具有运动控制技术基本设计能力,并激发学生综合创新应用兴趣,使学生具有运动控制领域从业的发展潜能。运动控制实验室如图 5-15 所示。



图 5-15 运动控制实验室

10. 学生创新活动中心

本实验室是学生自主学习、自主实验和自主创新的场地,为学生提供一个全天候开放的实验场所,同时也配套有专门的讨论室,同学之间可对某些问题进行开放性学术讨论。

本实验室有各种型号的小型机器人、小车,各种动手实验所需的工具,计算机等。在本实验室,学生只要有新的创意和想法,都可自己动手,按照自己的思路进行电路设计、硬件搭建、元器件焊接、软件调试等工作。学生创新活动中心如图 5-16 所示。



图 5-16 学生创新活动中心

11. 机器人竞赛活动中心

本实验室是学生进行国家机器人大赛的实训场地,有 Innobot 教育版高级套件、“创意之星”模块化机器人套件(标准版)、“创意之星”模块化机器人套件(高级版)、“卓越之星”标准版、“卓越之星”高级版、世界机器人大赛/中国机器人大赛指定平台等设备。

学生在本实验室主要进行机器人比赛所需的机器人搭建、程序调试、场地模拟等工作,与学生创新活动中心共同支撑本专业学生参加各种创新大赛室内场地的需要。机器人竞赛活动中心如图 5-17 所示。



图 5-17 机器人竞赛活动中心

12. 机器人系统实验室

该实验室有 NAO 机器人(H25)1 套,机器人系统创新套件(基于 ROS)的 Bobac 智能移动机器人 2 套,四旋翼飞行仿真器(GHP3001)1 套,自平衡小车 1 台(GBOT2001),履带式智能小车 1 套(基于 ROS 系统),固高 GUC 系列运动控制器 8 套,四自由度 SCARA 机器人(GRB3014)1 套。

本实验室主要用于智能机器人方向相关的实验、设计、开发和科研工作,提供机器人与无人机系统领域运动控制、算法研究、路径规划以及视觉技术的研究平台。通过本实验室的训练,师生可以对基于 ROS 操作系统的程序移植、开发有深入了解,可以对机器人与无人机系统运动控制算法的开发与应用有清晰的认识,在智能机器人方向所涉及的主要问题有系统的把握。机器人系统实验室如图 5-18 所示。

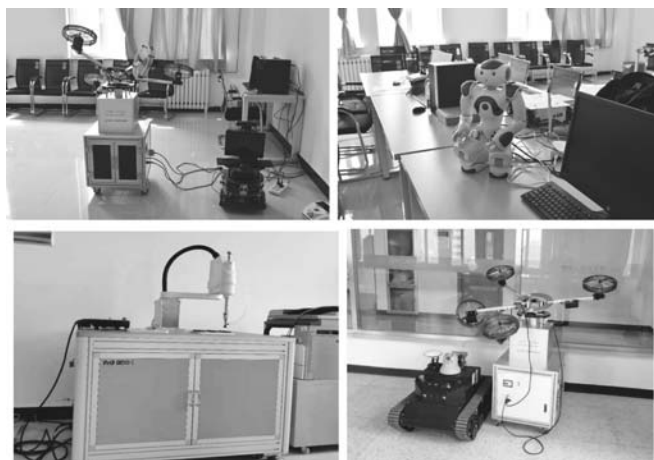


图 5-18 机器人系统实验室

实验室设备中四旋翼飞行仿真系统的主要技术参数如表 5-13 所示;自平衡小车的主要技术参数如表 5-14 所示;四自由度 SCARA 机器人的主要技术参数如表 5-15 所示;四自由度 SCARA 机器人控制系统的主要技术参数如表 5-16 所示。

表 5-13 四旋翼飞行仿真器系统技术参数

项 目	型号或主要参数
外形尺寸(长×宽×高)(mm)	102×78×541
俯仰角	-150°~150°
翻转角	-150°~150°
巡航角	任意角度
电源输入	AC220V 50Hz 2A
运动控制器	GT-400-SV
永磁直流电机	24V 5000r/min
俯仰编码器	1000P/R
翻转编码器	1000P/R
巡航编码器	600P/R
集电环	18 线

表 5-14 自平衡小车技术参数

长×宽×高	426mm×574mm×710mm
直流伺服电机功率	85W
电机减速比	10：1
运动控制器	基于 DSP 和 FPGA 技术的嵌入式运动控制器；3 轴电机控制通道加模拟量控制模块
软件环境	Win98 操作系统下 MATLAB 6.5 软件环境
最大移动速度	1.6m/s
电源模块	镍氢电池 8.5Ah,24V
电源持续工作时间	1.5h 左右
最大爬坡角度	20°
陀螺仪	供电电压 9~12V；测量范围(−360~25)°/s；工作电流<30mA；检测最大角速度±300°/s(25℃)；响应频率 150Hz；温度漂移−0.025~0.025(°/s)/min；工作温度范围−40~50℃；模拟量输出 0~4.096V；重复测量精度 0.1°
运动控制器	基于 DSP 和 FPGA 技术的嵌入式运动控制器；具有自主知识产权且通过 CE 认证；4 轴电机控制通道；每块卡可控制 4 个伺服/步进轴；可编程伺服采样周期，四轴最小插补周期为 250μs，单轴点位运动最小控制周期为 25μs；运动方式：单轴点位运动、直线插补、圆弧插补、速度控制、手脉输入、电子齿轮；可编程梯形曲线规划和 S 曲线规划，在线刷新运动控制参数。所有计算参数和轨迹规划参数均为 32 位。用户可定义坐标系，便于编程。四轴联动，2~4 轴直线插补，任意 2 轴圆弧插补。具有连续插补功能。可编程事件中断：外部输入中断、事件中断(包括位置信息、特殊运动事件等)以及时间中断

表 5-15 四自由度 SCARA 机器人技术参数

项 目		指 标
负载能力		额定 2kg
臂长	第 1-2 轴臂	600mm
最大运动速度	第 1-2 轴	6800mm/s
	第 3 轴	1100mm/s
	第 4 轴	2000°/s
自由度数		4
重复定位精度	第 1-2 轴	±0.02mm
	第 3 轴	±0.01mm
	第 4 轴	±0.01°
每轴最大运动范围	第一轴	±127°
	第二轴	±145°
	第三轴	170mm
	第四轴	±360°
每轴最大运动速度	关节 1	6.54rad/s
	关节 2	6.54rad/s
	关节 3	300mm/s
	关节 4	18.84rad/s
标准循环时间		0.42/s

续表

项 目		指 标
第四轴允许惯性力矩		额定 $0.01\text{kg} \cdot \text{m}^2$, 最大 $0.12\text{kg} \cdot \text{m}^2$
本体重量		$\leq 19\text{kg}$
电机功耗	第一轴	400W
	第二轴	400W
	第三轴	100W
	第四轴	100W

表 5-16 四自由度 SCARA 机器人控制系统技术参数

型 号	GTC-RC800	
CPU	Inter ATOM N455 1.66GHz	
内存	DDR3 2GB	
二级缓存	512KB	
VGA 接口	Gen3.5 DX9, 200MHz, VGA: 1400 * 1050	
eHMI	包含 LVDS、USB、CON、键盘、IO 扩展信号	
键盘鼠标	支持 PS2 协议标准键盘鼠标	
存储	DOM 盘 4GB	
通信接口	USB 接口	2 路 USB2.0
	网络接口	2 路 100M/1000M 以太网自适应
	RS232	1 路 DB9 公头
	RS485	RS422/RS485/RS232(option)
	CAN	支持 CANopen 协议
	I/O 扩展	支持 gLink I/O
运动控制轴接口	8 轴脉冲/模拟量控制, 轴接口带断线检测	
手脉接口	包含 A、B 相信号, 7 路数字光电隔离输入	
本地 I/O	数字量输出	20 路数字输出, 光电隔离; MOS 管漏型输出; 最大输出电流 500mA
	数字量输入	16 路数字输入, 光电隔离; 漏型/源型(每 4 路有 COM 端选择, 默认源型输入)
	模拟量输出	4 路, 非隔离; 输出电压: $-10 \sim +10\text{V}$; 16 位 DAC; 最大驱动电流 10mA
	模拟量输入	4 路, 非隔离; 输入电压: $-10 \sim +10\text{V}$; 14 位 ADC
	PWM 输出	4 路, 电压 24V; 频率: $1 \sim 24\text{kHz}$; MOS 管漏型输出; 最大驱动电流: 500mA
操作系统	WinCE6.0+Googel Runtime	
电源	DC24V, 3A	
CE 认证	工业 3 级标准	
尺寸	287mm * 160mm * 78mm	
安装	水平安装	

1) Bobac 智能移动机器人组成

电机安装支架: 3 个; 全向轮: 3 个; 差动轮: 2 个; 轮子安装支架: 5 个; 超声波安装位: 6 个; 防跌安装位: 6 个; 碰撞传感器: 3 个; kinect 安装位: 1 个; 下位机控制器安装

位: 1 个; 上位机安装位: 1 个; 结构: 3+1 层, 铝合金材料; 支撑柱: 若干; 安装工具: 1 套; 超声波传感器: 6 个; 防跌传感器: 6 个; 碰撞传感器: 3 个, 适用电源 3.3V~5V, 触点耐压 125V AC, 触点寿命 10 万次; 电池套装: 1 块, 锂电池 24V, 10000mAh; 组合后尺寸: 320mm * 320mm * (730~1077mm 高度可调); 显示器: 1 台, 13 寸, 分辨率 1440 * 900, 屏幕比例 16: 9; 上位机控制器: 1 台, I5CPU, 4G 内存, 64G 硬盘; 下位机主控器: 1; 直流伺服电机 3 台。

2) NAO 机器人(H25)技术参数

(1) 25 个自由度。头部: 2 个; 手臂: 10 个, 每臂 5 个; 胯部: 1 个; 腿部: 10 个, 每腿 5 个; 手部: 2 个, 每手 1 个。

(2) 尺寸: 574mm × 275mm × 311mm; 重量: 5.4kg; 制作材料: ABS-PC/PA-66/XCF-30。

(3) 齿轮组: 关键部位金属齿轮, 其余为金属-ABS 混合物齿轮。

(4) 音频: 2 个扬声器: 直径=36mm; 阻抗=8Ω; 声道音量=87dB/w+/-3dB; 音频范围=可达约 20kHz; 输入=2W; 4 个扩音器: 敏感度: -40+/-3dB; 音频范围: 20Hz~20kHz; 信噪比=58dBA。

(5) 制动器: 36 个霍尔效应传感器, 12 位精确度, 例如每转 4096 约相当于精确度 0.1°; dsPIC 微控制器; 采用三种类型直流空心杯电机, 1 型空载转速 8300r/min ± 10%, 2 型空载转速 8400r/min ± 12%, 3 型空载转速 10700r/min ± 10%, 1 型连续转矩最大 16.1mN · m, 2 型连续转矩最大 4.9mN · m, 3 型连续转矩最大 6.2mN · m。

(6) 传感器: 36 个霍尔效应传感器; 1 个三轴陀螺仪; 1 个三轴加速计; 2 个碰撞器; 超声波系统: 2 个发射器, 2 个接收器, 频率: 40kHz, 敏感度: -86dB, 分辨率: 1cm, 检测范围: 0.25~2.55m, 有效锥形: 60°; 2 个红外线仪, 波长: 940nm, 发射角: +/-60°, 功率: 8mW/sr; 摄像头: 2 个, 有效像素 1288 * 968, 分辨率 1.22MP, 30 帧/秒(FPS), 聚焦范围: 30cm~无限远, 视野: 72.6° DFOV[60.9° HFOV, 47.6° VFOV], 数据格式: YUV422。压力传感器: 0-110N, 每只脚上 4 个。

(7) 发光二极管(LED)。眼部: 2 套 8 个全彩 RGB 发光二极管; 耳部: 2 套 10 个 16 级蓝色发光二极管; 胸部: 1 个全彩 RGB 发光二极管; 脚部: 2 个全彩 RGB 发光二极管; 头部: 12 个 16 级蓝色发光二极管。

(8) 本体内部主版。CPU: ATOM Z530, 高速缓冲存储器: 512KB, 时钟速度: 1.6GHz, FSB 速度: 533mHz; RAM: 1GB; 闪存: 2GB; MICRO SDHC 卡: 8GB。

(9) 嵌入式软件: 操作系统: 嵌入式 GNU/Linux (32 bit x86 ELF), 基于 Gentoo 的发行套件。

(10) 编程语言: 机器人本体支持 C++/Python 编程语言, 上位机支持: C++、Python、Java Script、Java、Choregraphe 编程语言。

(11) 网络连接: WiFi 无线网络连接(IEE 802.11b/g); 以太网连接 1 * RJ45-10/100/1000 BASE T。

(12) 电力输入: 100-240VAC-50/60Hz-最大 1.2A; 输出: 25.2VDC-2A; 电池类型: 锂电池, 额定电压/容量: 21.6V/2.15Ah, 能量: 48.6Wh, 充电用时: 5h, 自主动力: 60min(活跃使用)/90min(正常使用)。

(13) 软件开发包与智能控制系统,智能刚度功能、防自撞功能、跌落自保护功能、物体识别、面部探测与识别、自动语音识别(支持 16 种语言,其中文、英文语音识别免费提供)、语音合成(支持 19 种语言,其中文、英文为免费提供)、声源定位。

13. 校外实训基地建设

学校与沈阳新松集团公司合作建有辽宁省普通高等学校大学生校外实践教育基地 1 个,校外实训基地紧贴机器人发展需求,充分利用沈阳新松机器人公司资源,有利于探索系统培养,推进人才培养模式改革,加强校内外实习基地的建设,优化教学团队和实习指导团队的结构等。校外实践教学基地通过校企深入合作,可以促进高校和行业、企事业单位、科研院所、实务部门等联合培养人才新机制的建立。在推动高校转变教育思想观念,改革人才培养模式,加强实践教学环节,提升高校学生的创新精神、实践能力、社会责任感和就业能力等方面非常重要。

依托辽宁省机器人驱动与控制工程实验室以及校内外实验实训基地,可以有效提高应用型人才培养的质量,机器人工程本科专业人才培养方案中实践教学环节学分比例见表 5-17。

表 5-17 机器人工程本科专业实践教学环节

实践教学环节名称		学分	学期	占总学分比例
通识实践教学	入学教育	1	1	学校统一安排,不计入毕业成绩,计入毕业审核
	军事技能训练	2	1	
	公益劳动	1	2	
	创新创业教育	6	8	
基础实践教学	金工实习	2	2	3.3%
	电子实训	2	3	
	电工电机实训	2	4	
专业实践教学	工业机械臂半实物仿真实训	1	3	24.4%
	单片机实训	1	4	
	工业机器人离线编程	1	5	
	工业机器人工作站拆装与调试实训	2	5	
	工业机器人系统集成实训	2	6	
	机器视觉与传感器实训	1	6	
	机器人综合应用实训	20	7	
	毕业设计(论文)	16	8	
合计(占总学分%)				27.7%