

5G+机器人应用发展研究报告

中国电信集团政企 5G 工作小组

中国电信研究院业务与应用创新研究所

2019 年 2 月

前 言

机器人被誉为“制造业皇冠顶端的明珠”，是衡量一个国家创新能力和产业竞争力的重要标志，已成为全球新一轮科技和产业革命的重要切入点。中国作为全球第一大机器人市场，迎来了巨大发展商机，中央及各地方相关主管部门陆续出台政策规划，在项目支持、平台建设与应用示范等方面为机器人产业发展营造良好的生态环境。机器人产业是机器人制造与人工智能、通讯技术、操控技术的融合发展的综合领域。5G 的大带宽、低时延、广覆盖等特点，能够帮助机器人实现功能突破，赢得市场。

本报告旨在综合分析机器人技术发展趋势与 5G 能力影响，围绕利用 5G 通讯技术解决机器人应用的痛点环节，展现当前或不远将来 5G 赋能机器人实现更广更好的应用场景，并为 5G 与机器人深度融合提出合理发展建议。

目 录

一、 机器人技术发展概述	1
(一) 机器人技术概述及分类	1
1. 工业机器人	2
2. 服务机器人	8
3. 特种机器人	12
(二) 机器人产业发展概况	16
1. 国际机器人产业发展现状	16
2. 国内机器人产业发展现状	21
(三) 机器人产业发展趋势	26
1. 工业机器人产业发展趋势	26
2. 服务机器人产业发展趋势	27
3. 特种机器人产业发展趋势	27
二、 5G+机器人行业发展趋势分析	28
(一) 移动通信技术发展简介	28
(二) 5G 对机器人技术的影响分析	29
(三) 5G 对机器人行业产业链影响分析	31
三、 5G+机器人典型应用场景	32
(一) 5G+工业机器人	32
1. 5G 实现机器人控制云端化	32
2. 5G 实现机器人工作空间生产安全	34

3. 应用案例.....	37
(二) 5G+服务机器人.....	38
1. 5G 实现陪伴机器人云边协同AI 能力.....	38
2. 应用案例.....	39
(三) 5G+特种机器人.....	40
1. 5G 实现安防巡检机器人.....	40
2. 应用案例.....	42
四、 总结与展望	43
(一) 技术标准待完善，行业场景存变数.....	44
(二) 通讯安全成为关切要点	44
(三) 服务机器人将最先与 5G 结合，网络覆盖成为关键	44
(四) 工业机器人与 5G 实现通讯无线化待市场认可	45
(五) 特种机器人与 5G 的结合应用待明确	46

三

邀你领取星球「5G创见」
3天免费体验卡

(2020/3/18 08:05 此小程序码失效)

└-----



长按识别小程序码

46

一、 机器人技术发展概述

(一) 机器人技术概述及分类

机器人被誉为“制造业皇冠顶端的明珠”，是衡量一个国家创新能力和产业竞争力的重要标志。国际上很多国家已将机器人发展纳入本国的科技创新和产业发展的重点领域，机器人将成为新一轮科技革命与产业变革背景下世界各国产业竞争的焦点。

根据机器人的应用环境，国际机器人联盟（IFR）将机器人分为工业机器人和服务机器人：工业机器人指应用于生产过程与环境的机器人，在工业生产加工过程中通过自动控制来代替人类执行某些单调、频繁和重复的长时间作业，主要包括实现工艺过程的多关节机器人和完成物料传输的自动引导运输车；服务机器人则是在非结构环境下为人类提供必要服务的多种高技术集成的先进机器人，主要包括家用服务机器人、医疗服务机器人和公共服务机器人，其中，公共服务机器人指在农业、金融、物流、教育等除医学领域外的公共场合为人类提供一般服务的机器人。同时，考虑到目前在应对自然灾害和公共安全事件中，特种机器人相对于服务机器人在性能要求、功能特点上有着较大区别，需求持续增长，将特种机器人也作为机器人的分类之一，主要包括军事应用机器人、极限作业机器人、应急救援机器人、医疗手术机器人等。

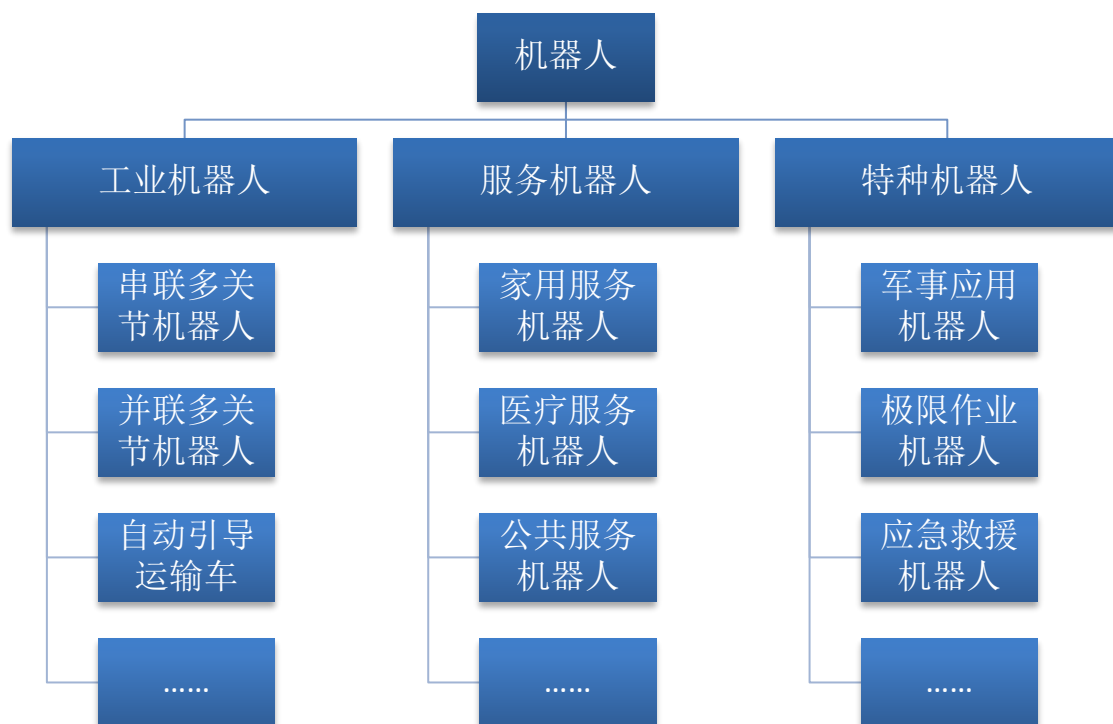


图 1 机器人分类

资料来源：IFR，中国电子学会

1. 工业机器人

工业机器人是面向工业领域的多关节机械手或多自由度的机器装置，能自动执行工作，依靠自身动力和控制能力来实现各种功能的一种机器。1954 年美国学者戴沃尔在其发表的专利论文中最早提出了工业机器人的概念，将其定义为借助伺服技术控制机器人的关节，利用人手对机器人进行动作示教，实现动作的记录和再现的装置。我国国家标准 GB/T 12643-2013 中将工业机器人定义为“自动控制的、可重复编程、多用途的操作机，可对三个或三个以上轴进行编程。它可以是固定式或移动式。在工业自动化中使用。”

a) 关节式工业机器人

关节式工业机器人是目前市场占有率最高、应用最广、技术最成熟的产品系列，主要使用在汽车、电子、机械等劳动强度大、动

作重复的生产制造场景。关节式机器人根据不同的运动结构特点，为适应不同的应用需求，又可分为以下四种。

串联关节式工业机器人根据人类手臂运动结构仿生设计，又称机械臂，通过末端安装不同的执行器可代替人类手臂完成生产动作，如搬运、加工、安装等。



图 2 串联关节式工业机器人

并联关节式工业机器人通过并联的多个连杆联动实现机器人末端在指定平面范围内高速运动或实现指定平面的俯仰偏摆运动，主要以倒置安装配合视觉技术实现物料分拣（DELTA 工业机器人），也有特殊应用场合将其正置实现平台运动（模拟飞行器驾驶舱）。

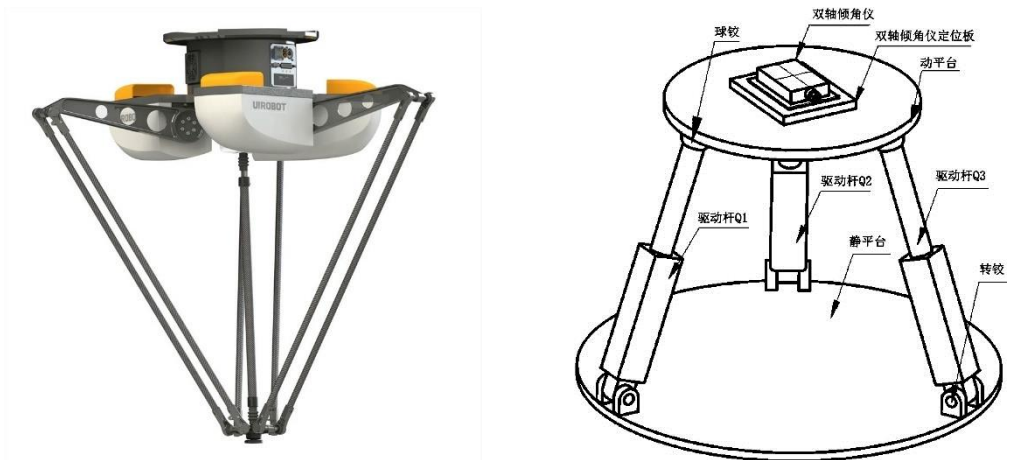


图 3 并联关节式工业机器人

平面关节式工业机器人是基于圆柱坐标系设计的机器人，在传

统串联关节式机器人的基础上优化了轴的数量、形式和顺序，以使其可实现在较大平面范围内的快速往复运动，主要应用于电子制造行业，又称 SCARA 机器人。



图 4 平面关节式工业机器人

直角坐标式工业机器人是基于笛卡尔坐标系设计的机器人，具有结构简单、运动范围大、负载高等特点，在多类行业中有广泛应用，尤其是自动化仓储和汽车制造，又称桁架机器人。

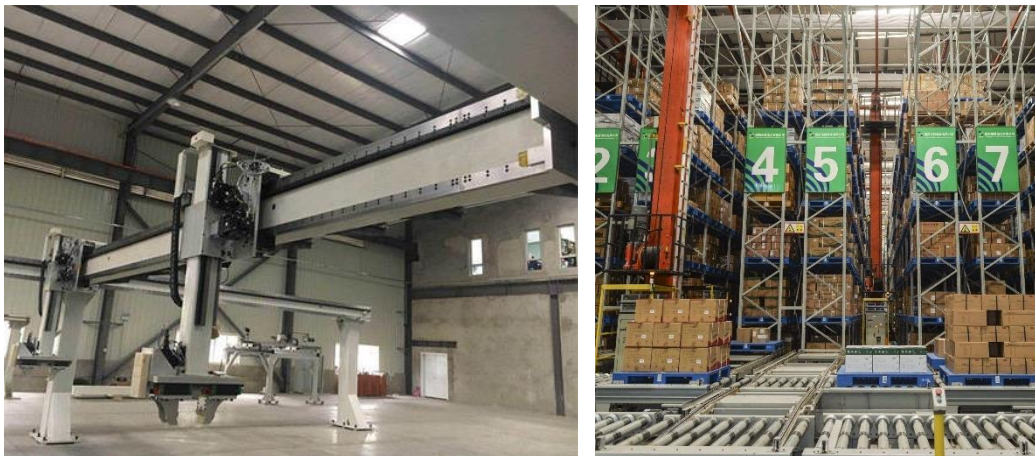


图 5 直角坐标式工业机器人

b) 自动引导运输车

自动引导运输车（AGV，Automated Guided Vehicles），是指以电池为动力，装备有非接触式（电磁、光学、激光灯）自动导引装置，能够沿规定的导引路径行驶，具有安全保护以及各种移载功能

的运输车，是轮式移动机器人的特殊应用。**AGV** 从发明至今已经有 50 多年的历史，随着应用领域的扩展，其种类和形式变得多种多样，根据 **AGV** 自动行驶过程中的导航方式将 **AGV** 主要分为电磁感应引导式、激光引导式、视觉引导式三种类型。

电磁感应引导式 **AGV** 的引导原理是沿预先设定的行驶路径埋设电线，当高频电流流经导线时，导线周围产生电磁场，**AGV** 上左右对称安装有两个电磁感应器，它们所接收的电磁信号的强度差异可以反映 **AGV** 偏离路径的程度。**AGV** 的自动控制系统根据这种偏差来控制车辆的转向，连续的动态闭环控制能够保证 **AGV** 对设定路径的稳定自动跟踪。这种电磁感应引导式导航方法在绝大多数商业化的 **AGVS** 上使用，尤其是适用于大中型的 **AGV**。

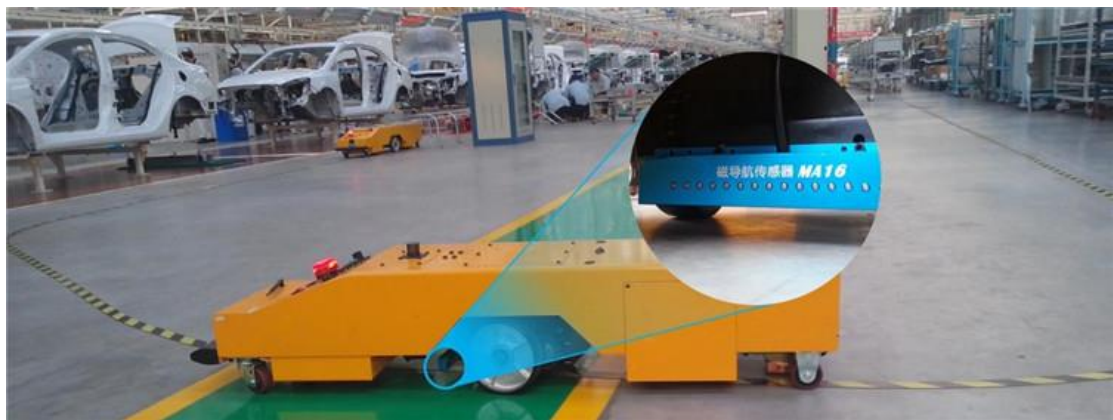


图 6 电磁感应式 AGV

激光引导式 **AGV** 上安装有可旋转的激光扫描器，在运行路径沿途的墙壁或支柱上安装有高反光性反射板的激光定位标志，**AGV** 依靠激光扫描器发射激光束，然后接收由四周定位标志反射回的激光束，车载控制器计算出车辆当前的位置以及运动的方向，通过和内置的数字地图进行对比来校正方位，从而实现路径导航。虽然受制

于高成本，但该种 AGV 的应用越来越普遍，并且依据同样的引导原理可将激光扫描器更换为红外发射器或超声波发射器。



图 7 激光引导式 AGV

SLAM 引导式 AGV 是正在快速发展和成熟的 AGV，SLAM（Simultaneous Localization and Mapping）即同步定位与建图，指在未知的环境中，机器人通过自身所携带的内部传感器（编码器、IMU 等）和外部传感器（激光传感器或者视觉传感器）来对自身进行定位，并在定位的基础上利用外部传感器获取的环境信息增量式的构建环境地图，从而自行计算行进路径。这种 AGV 由于不要求人为设置任何物理路径，因此在理论上具有最佳的引导柔性，随着传感技术、地图模型和导航算法的飞速发展，该种 AGV 的实用性越来越强。



图 8 SLAM 引导式 AGV

c) 协作工业机器人

协作机器人（Collaborative Robot）简称 Cobot 或 Co-Robot，可以实现与人类在共同工作空间中近距离互动完成某项工作的工业机器人，其结构形式与串联关节式工业机器人相同。Cobot 有许多不同的应用场景，包括在办公室环境下可以和人类一起工作的自动化机器人，到没有设置防护安全栏的工业机器人。



图 9 协作工业机器人

协作机器人与传统工业机器人的主要差别有两点。面向的目标市场不同：最初协作机器人的研发是为了提升中小企业的劳动力水平、降低人工成本、提高竞争力，可以避免劳动力外包的情况，因此协作机器人最初的市场就是中小企业，协作机器人的发展壮大也和中小企业分不开。替代的对象不同：传统机器人代替生产线中的

机器，机器人作为整个生产线中的组成部分，如果某个环节的机器人坏了，在没有备机的情况下，整个生产线要停工；相比之下，协作机器人具有柔性特点，代替的是人，二者之间可以互换，整个生产流程灵活性更强。

d) 外骨骼工业机器人

外骨骼机器人是融合传感、控制、信息、移动计算的综合性技术，能够在保证人体各种动作与机械之间协调性的前提下，使人类的力量成倍放大的可穿戴装备。



图 10 外骨骼工业机器人

外骨骼机器人发展至今，从研发到应用，已经走过了第一个百年，初期发展主要应用于医疗康复领域。在工业领域，人口红利的消失促进了工业用外骨骼机器人的应用，尤其是在国内物流巨头的推动下，辅助搬运的外骨骼机器人正在快速发展中。尽管如此，目前外骨骼机器人行业应用仍处于初期阶段，真正要实现大规模商用还要再等几年。

2. 服务机器人

随着现代科技的高速发展，“人工智能”时代的到来，科技改变

生活，智能化对社会和人们的生活冲击将越来越大。根据中国机器人产业联盟发布的数据，我国从 2013 年起连续两年成为全球第一大机器人消费市场，机器人使用量约占全球销量的 1/4。

近年来中国人口红利逐渐消失，人口老龄化、劳动力不足以及人力成本上升，导致对服务机器人需求逐步增加，同时伴随着收入水平持续提高，人们也有意愿利用机器人追求更高品质的生活。技术的成熟也为服务机器人的发展提供了有利保障，服务机器人的机器视觉、人机交互能力以及基于大数据的机器学习能力也将呈现质的飞跃，甚至具有“人格化”的特征，机器人越来越频繁地出现在教育、娱乐、医疗等行业以及银行、机场、大型卖场、餐厅等商用服务领域。

a) 家用服务机器人

扫地机器人是智能家电的一种，借助导航技术和智能算法，可自动在房间内完成地板清洁工作。一般采用刷扫和真空方式，将地面杂物先吸纳进入自身的垃圾收纳盒，从而完成地面清理的功能。目前产品已经比较成熟，为市面上普及率较广的一种家用机器人产品。



图 11 扫地机器人

随着人类社会的发展和进步，人们的生活追求也逐步从物质温饱上升到精神追求。老龄化的加剧和典型的“4-2-1”式家庭结构，为能够提供情感交流、儿童陪伴等服务功能的智能陪伴机器人奠定巨大市场基础，单身青年和宠物主人也对陪伴机器人表现出较大需求。目前市场上已出现多款不同功能、不同价格的陪伴机器人产品，一般可实现通过内置的摄像头和麦克风对环境信息进行采集，处理后可以分辨出语音语义、容貌表情、手势动作，甚至是情绪变化，从而对应做出各种动作反馈，如通过面部屏幕显示表情、通过扬声器播放语音或音乐等。

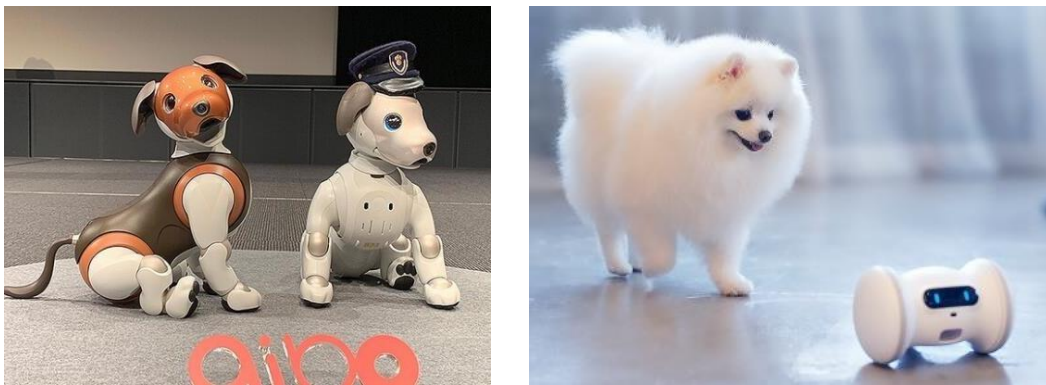


图 12 陪伴机器人

b) 商用服务机器人

引导介绍机器人适用于机场、办公场所、酒店、银行、商场等公共服务场所，用于咨询、讲解、迎宾接待以及打印取票等工作，一般具备语音对话、智能导引、自动巡视、自主导航、自动回充、远程监控等功能。引导介绍机器人能够提供方便、快捷的办事窗口位置指引服务，避免群众难以找到办事窗口的烦恼；能够提供便捷的咨询服务，免去了排队等候的时间；能够提供快捷的业务办理服

务，降低群众业务办理的排队等候时间。



图 13 引导介绍机器人

送餐机器人具有自动送餐、空盘回收、菜品介绍、自动充电等实用功能，能够代替或者部分代替餐厅服务员为顾客提供服务，提升餐厅的品牌形象，具有较高的经济价值。目前一些高档酒店也利用此类机器人提供送餐/货到房间的服务。



图 14 送餐服务机器人

c) 安防服务机器人

安防服务机器人，是通过遥控或自主方式执行巡视任务的机器人，可为高端社区、园区、厂区、场馆、商业综合体等场地，面向物业、地产、安保、生产单位的全天候巡检安保。安防巡检机器人可以单机独立或多机协同的方式工作，并将巡视情况实时通报控制

后台相关人员，也可与固定摄像头协同工作，有效弥补监控盲区，大大降低安全事故发生率并一定程度解放人力、物力，从而促进解决特定环境的安全问题。

安防服务机器人集成了人工智能及安防领域的先进技术，可实现音视频对讲、室内外无线导航、人机交互、人脸识别等功能，更是拥有监控巡逻、陌生人员报警、异常声音报警、夜间值守等安保功能，能有效辅助并提升人员任务完成能力和效率。



图 15 安防服务机器人

3. 特种机器人

从应用场景来看，特种机器人目前已涉及了电力巡检、防爆灭火、管道检测、采矿挖掘、水下作业、医疗手术等多个适用场景，不管是在军事、极限操作还是应急救援领域，危险性高、人力难以完成的工作都存在机器换人的刚需市场，也是特种机器人率先出现的领域。

目前特种机器人应用较广的是电力巡检与排爆救援两大领域，其中电力巡检头部企业已经显现，而在排爆救援领域，市场较为分散，多家独角兽企业已入局该领域。目前特种机器人市场规模的增

长主要依赖于场景的扩张，但每个细分领域的市场规模均有限，需要未来特种机器人厂商拥有多场景扩张的能力。

a) 电力巡检机器人

目前，智能电网建设和增强供电可靠性已上升为国家战略，电力设备状态检测、监测作为近几年发展起来的新兴行业，呈现出巨大的成长潜力和发展空间。“十二五”以来，我国智能电网建设进入全面快速发展的新阶段，也极大地推动智能巡检机器人的市场需求，成为巡检机器人行业持续增长的长期推动力。

近年来，随着信息技术发展和危机监控技术在变电站、配电站的推广使用，电力巡检机器人系统因其灵活的控制/运行方式、不受天气因素影响等优点，逐渐在无人值班或少人值守的变电站和配电站房执行巡检任务，为及时发现和消除设备缺陷，预防事故发生，确保设备安全运行发挥了一定的作用。



图 16 电力巡检机器人

b) 排爆消防机器人

排爆机器人是排爆人员用于处置或销毁爆炸可疑物的专用器材，可实现代替排爆人员实地勘察、搬运转移爆炸可疑物品及其它

有害危险品，使用爆炸物销毁器销毁炸弹，可避免不必要的人员伤亡。目前排爆机器人由车辆底盘、操作手、摄像头和远程控制器等组件构成，底盘采用履带形式可适应多种复杂地形，操作手灵活准确稳定地拾取目标物体，摄像头分为全景、特写、双目等不同形式用来观察周边环境和目标物体细节特征并回传，控制人员通过远程控制器实现对机器人的行进和动作控制，从而在远端完成对可疑物品的处理。

近年来，随着智能制造产业已入列我国重点产业发展序列，消防机器人迎来创新发展、开放合作的新态势。随着技术的高速发展，适用于石油化工、地下管廊、隧道、大跨度/大空间场所等人不能及、人不能进、人不能救的情况下，消防机器人能够代替消防救援人员进入易燃易爆、有毒、浓烟等危险灾害事故现场进行侦查和灭火，有助于减少火场烟热、有害气体对作战人员的威胁，有利于提升应对复杂灭火救援任务的能力快速控制火情的同时，有效防止火灾现场二次灾害的发生。

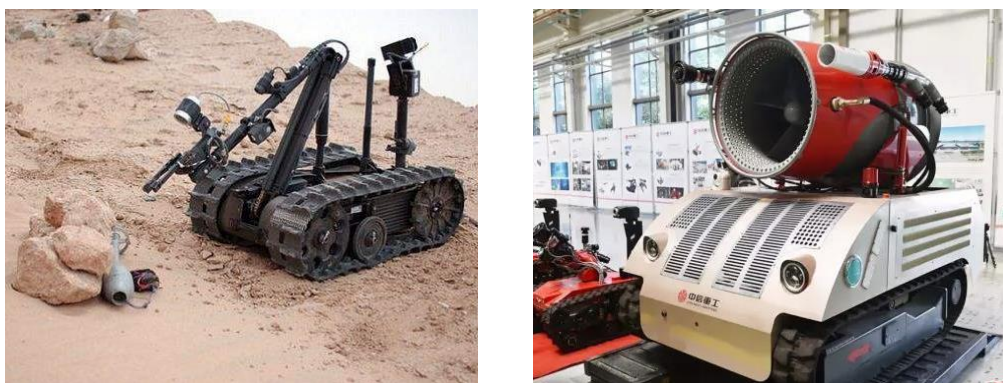


图 17 排爆消防机器人

c) 管道巡检机器人

管道巡检机器人是一种可沿细小管道内部或外部自动行走、携带一种或多种传感器及操作机械，在工作人员的遥控操作或自动控制下，进行一系列管道作业的机、电、仪一体化系统。管道巡检机器人通过主机控制爬行器在管道内外爬行，对管道内部情况进行实时监测记录、视频回放、图像抓拍等操作，了解管道绣层、结垢、腐蚀、穿孔、裂纹等情况，进行全方位观察与检测，做到提前预防与准确定位。



图 18 管道检测机器人

d) 医疗服务机器人

医疗服务机器人主要指能够为根据病情需要，应用在帮助医生对病人完成治疗过程、辅助患者进行康复训练以及为残障人士提供义肢替代等场景的机器人。

达芬奇手术系统以美国麻省理工学院研发的机器人外科手术技术为基础，由外科医生控制台、床旁机械臂系统、成像系统三部分组成。主刀医生坐在控制台前控制器械和三维高清内窥镜，手术器械尖端与外科医生的双手同步运动。利用机器人完成手术，可以使

得手术操作更精确，减少手部颤动，机器人“内腕”更为灵活，能以不同角度在靶器官周围操作，三维视觉可放大 10-15 倍，增加视野角度，使手术精确度大大增加，创伤更小，减少术中的组织创伤，术后恢复快、愈合好。



图 19 达芬奇手术系统

超微型医疗机器人可携带摄像机，通过有弹性的导线或自主运动，直接进入人体消化道、内脏或血管等，检查病症情况，甚至直接对病灶做细微的手术操作。目前，超微型机器人的发展还处于设想阶段，尚无实际应用。

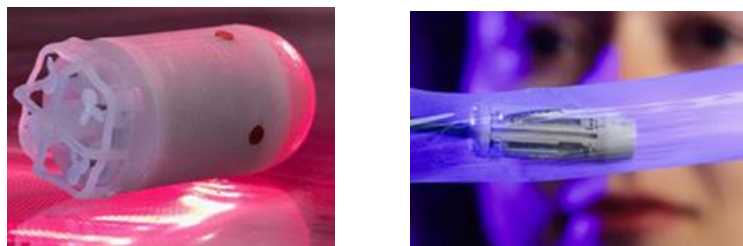


图 20 超微型医疗机器人

(二) 机器人产业发展概况

1. 国际机器人产业发展现状

国际上机器人发展格局基本是美国、日本、欧盟三分天下，韩

国后发奋起直追的格局。机器人产业的发展需要深厚的工业基础和科技底蕴，美日欧先发优势明显。2019 年，全球机器人市场规模预计将达到 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。

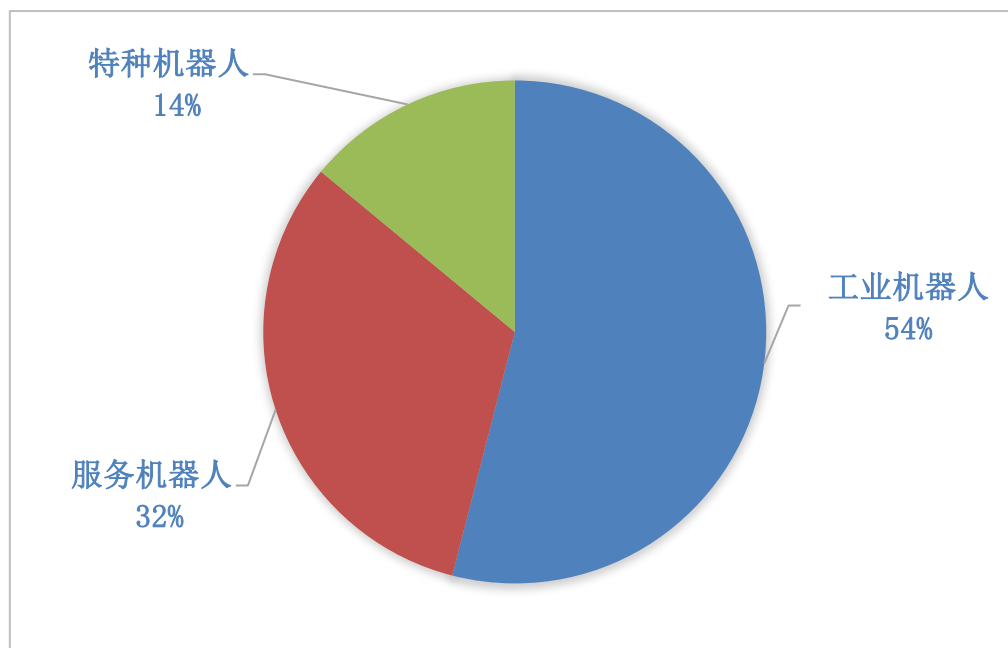


图 21 2019 年全球机器人市场规模

资料来源：IFR

自 20 世纪 80 年代将机器人产业作为国家发展战略以来，日本一直将机器人作为优先发展方向，其所积累的经验和技術优势，为该产业的长远发展打下了良好基础。如今世界四大工业机器人企业巨头中，日本独占其二，Fanuc 和 Yaskawa 的市场地位难以撼动。

欧洲工业基础雄厚，德国 KUKA、瑞士 ABB 分别占据了世界四大工业机器人企业剩余两席。为巩固领先地位，欧盟不仅在“第七个框架计划”和“地平线 2020”项目中投入巨资用于机器人技术研发，还于 2014 年 6 月推出了全球最大的民用机器人研发计划

“SPARC”。同时，德国以“智能工厂”为重心的“工业 4.0 计划”、英国首个官方机器人战略“RAS2020”以及法国“机器人发展计划”，皆彰显了占领机器人产业制高点的决心。

作为科技强国，美国虽有造出世界第一台工业机器人的荣耀，但由于当时对机器人前景看淡而没能持续发展，终被日欧赶超。知耻后勇的美国在 2011 年 6 月推出的“先进制造伙伴计划”中，明确指出要通过发展机器人重振制造业。依靠强大的工业基础和科技底蕴，近些年美国开始在机器人产业领域发力，百特、Adept 等企业已有资本向传统四大机器人企业发起挑战。

韩国机器人产业近几年发展迅速。在 2009 年发布第一个机器人产业发展五年规划后，韩国于 2014 年 8 月宣布了第二个智能机器人开发五年规划，希望通过技术与其他产业的融合实现机器人产业的扩张，已成为世界机器人产业领域一股不可忽视的新生力量。

目前，工业机器人在汽车、金属制品、电子、橡胶及塑料等行业已经得到了广泛的应用。随着性能不断提升，以及各种应用场景的不断明晰，2013 年以来，工业机器人的市场规模正以较快速度增长。2018 年中国、日本、美国、韩国和德国等主要国家销售额总计超过全球销量的 3/4，这些国家对工业自动化改造的需求激活了工业机器人市场，也使全球工业机器人使用密度大幅提升，目前在全球制造业领域，工业机器人使用密度已经达到 85 台/万人。

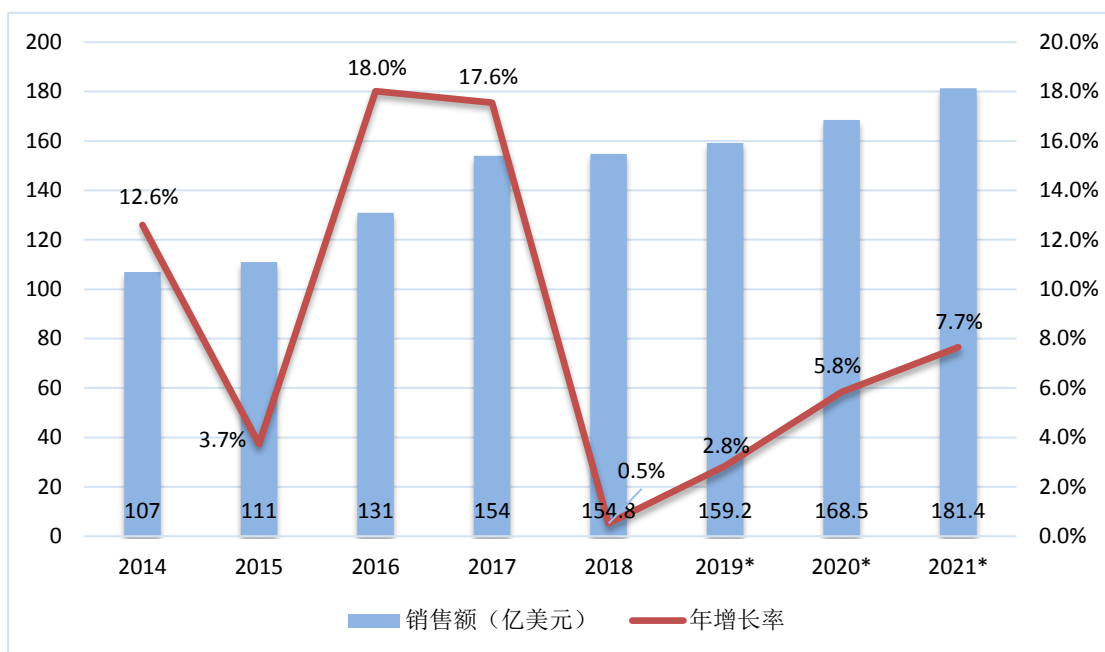


图 22 全球工业机器人销售额及增长率

资料来源：IFR

依托高性能芯片、无线通讯、智能算法等技术，智能公共服务机器人应用场景和服务模式的不断拓展，带动服务机器人市场规模高速增长。2014 年以来全球服务机器人市场规模年均增速达 21.9%，2019 年全球服务机器人市场规模预计将达到 94.6 亿美元，2021 年将快速增长突破 130 亿美元。服务机器人的市场规模最终将超越工业机器人，已成为业内共识，且大多预计赶超时间仅需三至五年。

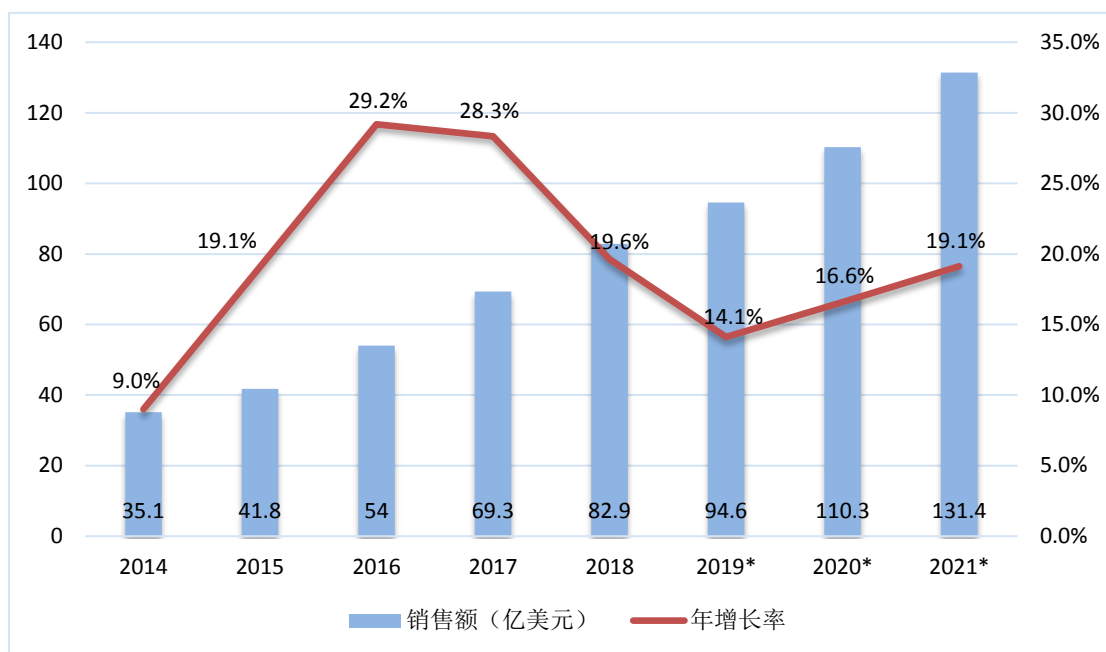


图 23 全球服务机器人销售额及增长率

资料来源：IFR

全球特种机器人整机性能持续提升，不断催生新兴市场，引起各国政府高度关注。其中，美国、日本和欧盟在特种机器人创新和市场推广方面全球领先。美国提出“机器人发展路线图”，计划将特种机器人列为未来 15 年重点发展方向；2018 年提出《无人系统综合路线图》，明确特种无人系统未来发展的关键技术主题、阶段重点和目标。日本提出“机器人革命”战略，涵盖特种机器人、新世纪工业机器人和服务机器人三个主要方向，计划至 2020 年实现市场规模翻番，扩大至 12 万亿日元，其中特种机器人将是增速最快的领域。欧盟启动全球最大民用机器人研发项目，计划到 2020 年投入 28 亿欧元，开发包括特种机器人在内的机器人产品并迅速推向市场。2014 年以来全球特种机器人产业规模年均增速达 12.3%，2019 年全球特种机器人市场规模将达到 40.3 亿美元；至 2021 年，预计全球特种机器人市场规模将超过 50 亿美元。

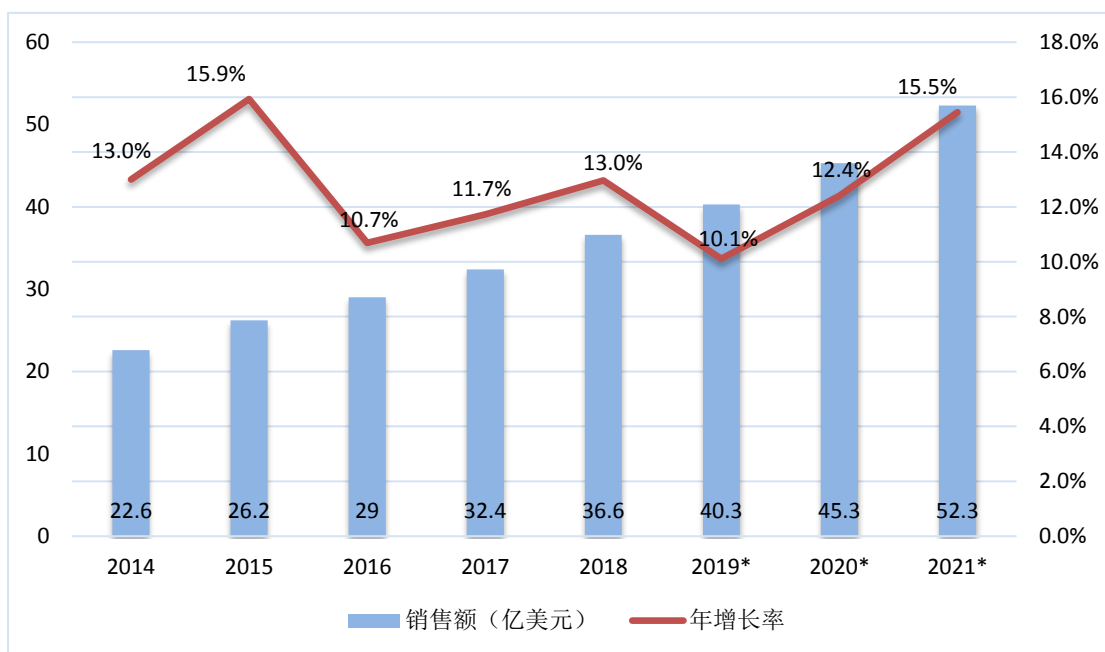


图 24 全球特种机器人销售额及增长率

资料来源：IFR

2. 国内机器人产业发展现状

近年来，我国机器人产业规模快速增长，关键技术不断突破。习近平总书记 2014 年在两院院士大会上强调，“机器人的研发、制造与应用是衡量一个国家科技创新和高端制造业水平的重要标志”，不仅要提高中国机器人水平，还要尽可能多地占领市场。随着我国机器人市场快速发展，机器人及其核心零部件产业链日渐成熟。其中，工业机器人连续多年成为全球第一大应用市场；服务机器人需求潜力巨大，市场不断扩张；特种机器人的应用也不断加深。整体来看，2019 年，我国机器人市场规模预计达到 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。

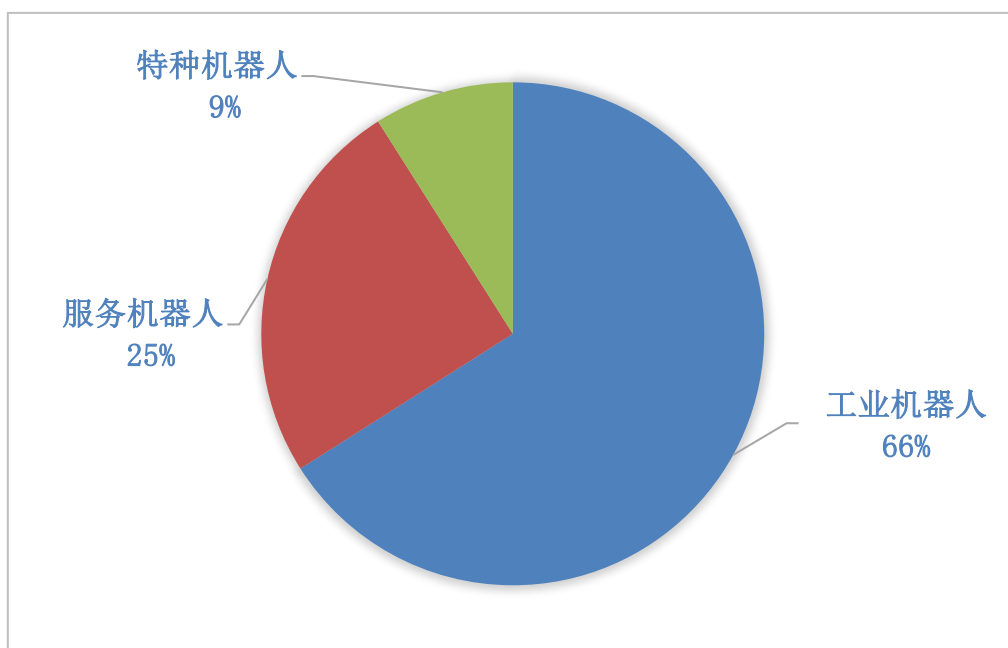


图 25 2019 年中国机器人市场规模

资料来源：IFR

2016 年，工信部、发改委、财政部联合发布《机器人产业发展规划（2016-2020 年）》，充分肯定了机器人产业发展的重要作用，也指出了我国发展机器人产业的必要性和紧迫性。随着人工智能时代的到来，在“机器换人”大潮下，机器人消费市场快速扩大。2018 年中国机器人市场规模超 70 亿美元。随着技术不断提升、应用场景拓宽，预计 2019 年中国机器人市场规模将达 86.8 亿美元。

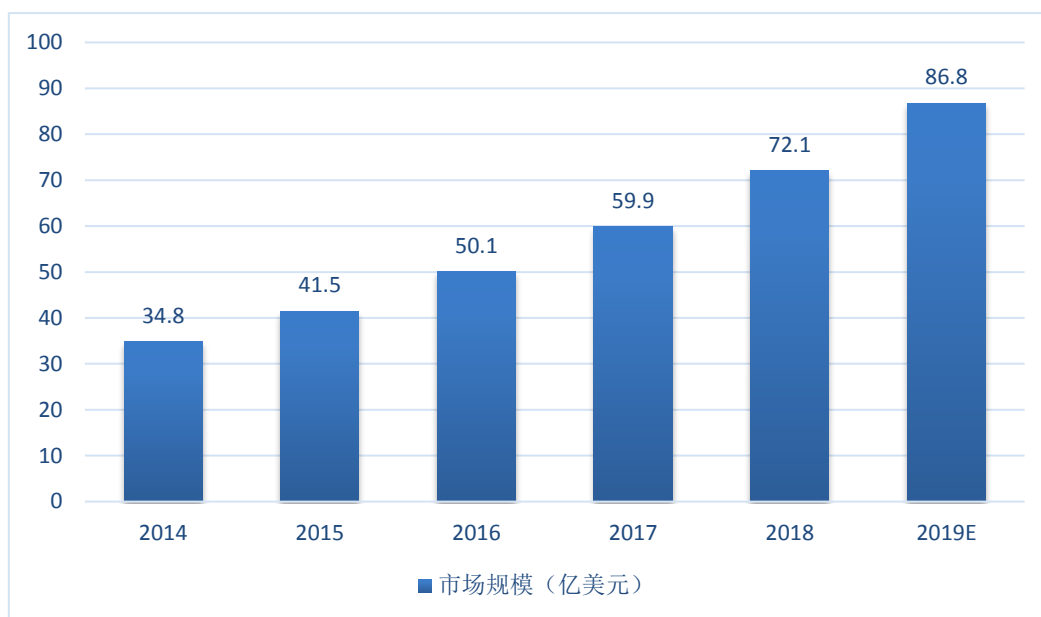


图 26 中国机器人市场规模预测

数据来源：中商产业研究院

国内机器人产业已经形成四大区域集群，北部的环渤海地区、南部的珠三角、东部的长三角和中西部，均呈现出比较迅猛的发展势头。其中，环渤海地区科研机构扎堆，研发能力强，以中科院沈阳自动化研究所、哈工大、北航为代表，具有人才培养优势；长三角、珠三角地区产业基础雄厚、市场空间大，在电子信息技术和机械制造等产业为机器人发展提供强大支撑；而以武汉、长沙、重庆为代表中西部集聚区，则依托外部的科技资源，衍生出众多行业龙头企业

当前，我国生产制造智能化改造升级的需求日益凸显，工业机器人需求依然旺盛，我国工业机器人市场保持向好发展，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。近几年来，国产工业机器人已逐步获得了市场的认可，国产化趋势逐渐显现。我国工业机器人密度在 2017 年达到 97 台/万人，已经超过全球

平均水平，预计我国机器人密度将 2021 年突破 130 台/万人，达到发达国家平均水平。

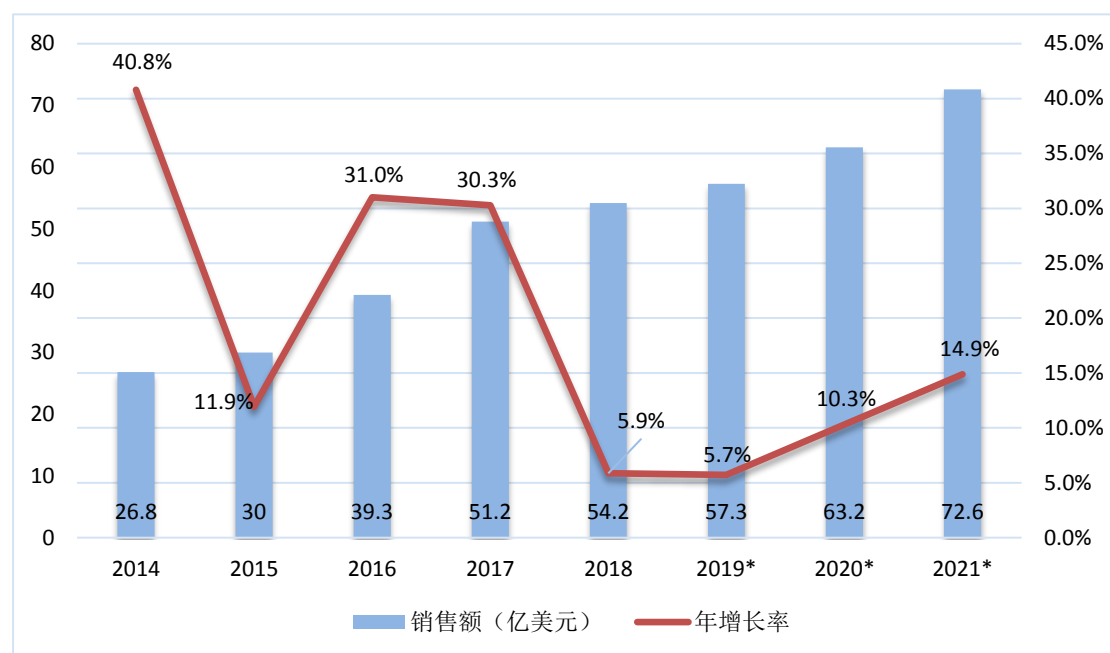


图 27 中国工业机器人销售额及增长率

资料来源：IFR

受利好政策扶持、技术升级优化、老龄化带动需求等因素影响，国内服务机器人市场迎来发展。服务机器人存在巨大的市场潜力和发展空间，2018 年我国服务机器人市场规模增速高于全球服务机器人市场增速。我国服务机器人产业起步相对较晚，部分产品还处于研发试验阶段。但随着技术不断提升、居民消费水平提高，价格多层次符合多个消费群体需求，服务机器人的应用范围越来越广，消费市场不断扩大。到 2021 年，随着停车机器人、超市机器人等新兴应用场景机器人的快速发展，我国服务机器人市场规模有望接近 40 亿美元。

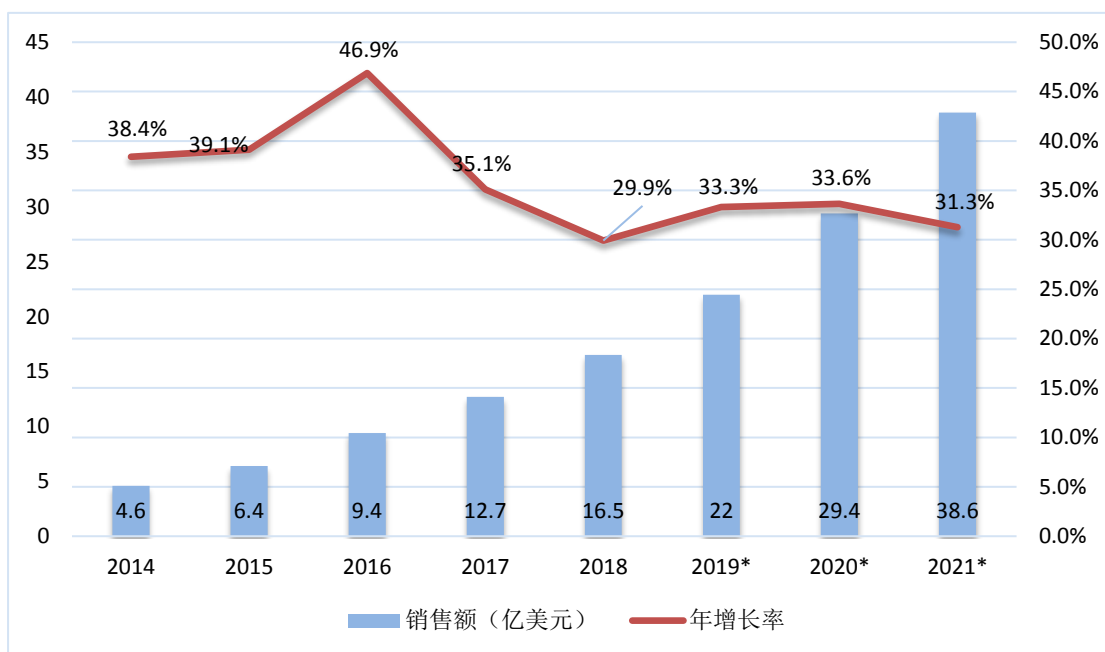


图 28 中国服务机器人销售额及增长率

资料来源：IFR

当前，我国特种机器人市场保持较快发展，各种类型产品不断出现，在应对地震、洪涝灾害和极端天气，以及矿难、火灾、安防等公共安全事件中，对特种机器人有着突出的需求。2019 年，我国特种机器人市场规模预计将达 7.5 亿美元，增速达到 17.7%，高于全球水平。其中，军事应用机器人、极限作业机器人和应急救援机器人市场规模预计分别为 5.2 亿美元、1.7 亿美元和 0.6 亿美元。到 2021 年，特种机器人的国内市场需求规模有望突破 11 亿美元。

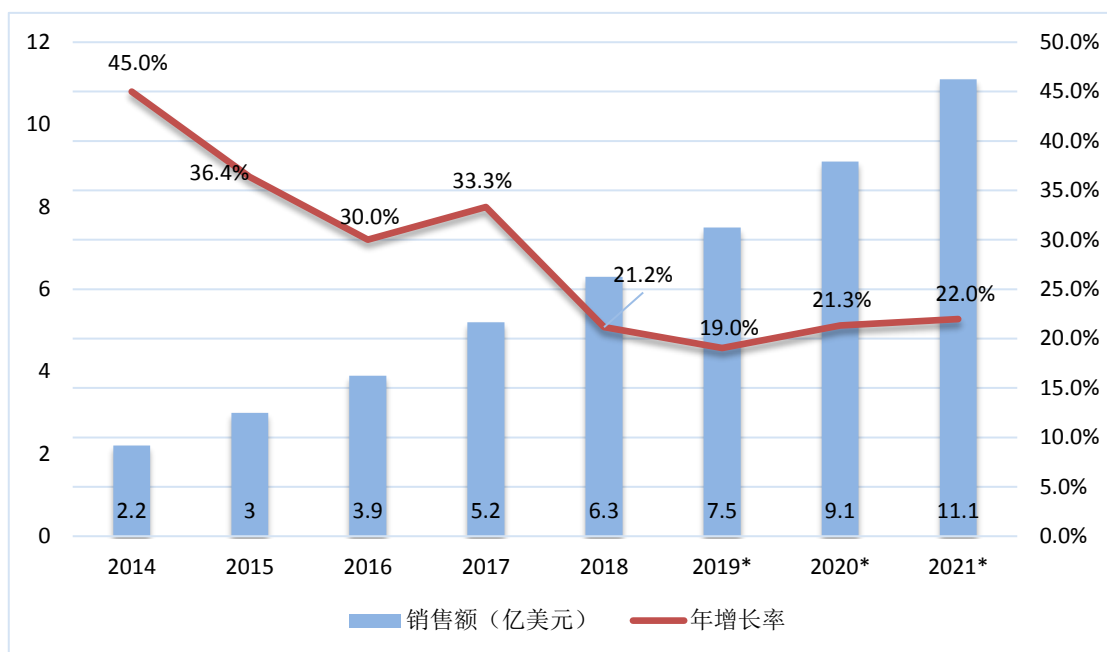


图 29 中国特种机器人销售额及增长率

资料来源：IFR

(三) 机器人产业发展趋势

1. 工业机器人产业发展趋势

当前，工业机器人的应用场景愈加广泛，苛刻的生产环境对机器人的体积、重量、灵活度等提出了更高的要求。与此同时，随着研发水平不断提升、工艺设计不断创新，以及新材料相继投入使用，工业机器人正在向着小型化、轻型化、柔性化的方向发展，应用领域逐渐由搬运、焊接、装配等操作型任务向加工型任务拓展，人机协作正在成为工业机器人研发的重要方向。

目前，我国已将突破机器人关键核心技术作为科技发展重要战略，国内厂商攻克了减速机、伺服控制、伺服电机等关键核心零部件领域的部分难题，核心零部件国产化的趋势逐渐显现。与此同时，国产工业机器人在市场总销量中的比重稳步提高。国产控制器等核心零部件在国产工业机器人中的使用也进一步增加，智能控制

和应用系统的自主研发水平持续提高，制造工艺的自主设计能力不断提升。

2. 服务机器人产业发展趋势

人工智能技术是服务机器人在下一阶段获得实质性发展的重要引擎，目前正在从感知智能向认知智能加速迈进，并已经在深度学习、抗干扰感知识别、听觉视觉语义理解与认知推理、自然语言理解、情感识别与聊天等方面取得了明显的进步。我国在人工智能领域技术创新不断加快，中国专利申请数量与美国处于同等数量级，特别是计算机视觉和智能语音等应用层专利数量快速增长，催生出一批创新创业型企业。

我国已在医疗、烹饪、物流等机器人的应用领域开展了广泛的研究，随着机器人技术水平进一步提升，市场对服务机器人的需求快速扩大，应用场景不断拓展，应用模式不断丰富。

3. 特种机器人产业发展趋势

当前特种机器人应用领域不断拓展，所处的环境变得更为复杂与极端，传统的程式化、遥控式机器人由于程序固定、响应时间长等问题，难以在环境快速改变时做出有效的应对。随着传感技术、仿生与生物模型技术、生物电信息处理与识别技术不断进步，特种机器人已逐步实现“感知-决策-行为-反馈”的闭环工作流程，在某些特定场景下，具备了初步的自主能力。与此同时，包括液态金属控制技术和基于肌电信号的控制技术在内的前沿科技将推动新型材料在机器人领域的使用和普及，仿生新材料与刚柔耦合结构也进一

步打破了传统的机械模式，提升了特种机器人的环境适应性。

我国政府高度重视特种机器人技术与开发，并通过 863 计划、特殊服役环境下作业机器人关键技术主题项目及深海关键技术与装备等重点专项予以引导和支持。目前在反恐排爆及深海探索领域部分关键核心技术已取得突破，例如多传感器信息融合技术、高精度定位导航与避障技术、汽车底盘危险物品快速识别技术已初步应用于反恐排爆机器人。与此同时，我国先后攻克了钛合金载人舱球壳制造、大深度浮力材料制备、深海推进器等多项核心技术，使我国在深海核心装备国产化方面取得了显著进步。

二、 5G+机器人行业发展趋势分析

(一) 移动通信技术发展简介

从人类社会诞生以来，更加快捷高效的通讯就成为人类矢志不渝的追求。自 19 世纪 80 年代开始，全球移动通信技术每十年出现一次飞跃，经历了移动语音时代（1G）、文本时代（2G）、数据时代（3G）、融合应用时代（4G）共 4 个时代的更替，实现了模拟向数字、语音向数据、窄带向宽带的转变，成为推动经济社会发展的最重要动力之一。现阶段，5G 技术的成熟与应用，使得物与物的互联时代即将到来。移动通讯技术标准也从群雄逐鹿到三足鼎立，最终在 5G 时代实现融合统一，为全球化应用和产业链良性发展提供重要支撑。

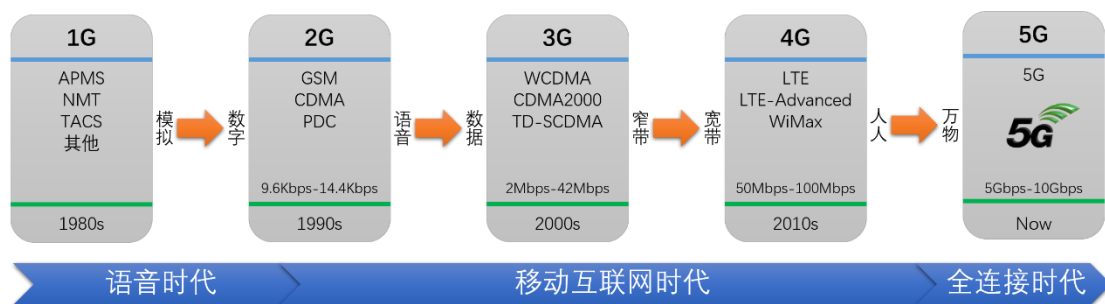


图 30 移动通信技术发展历程

5G 将渗透到未来社会的各个领域，使信息突破时空限制，提供极佳的交互体验，为用户带来身临其境的信息盛宴；5G 将拉近万物的距离，通过无缝融合的方式，便捷地实现人与万物的智能互联；5G 将为用户提供光纤般的接入速率，“零”时延的使用体验，千亿设备的连接能力，超高流量密度、超高连接数密度和超高移动性等多场景的一致服务，业务及用户感知的智能优化，同时将为网络带来超百倍的能效提升和超百倍的比特成本降低。

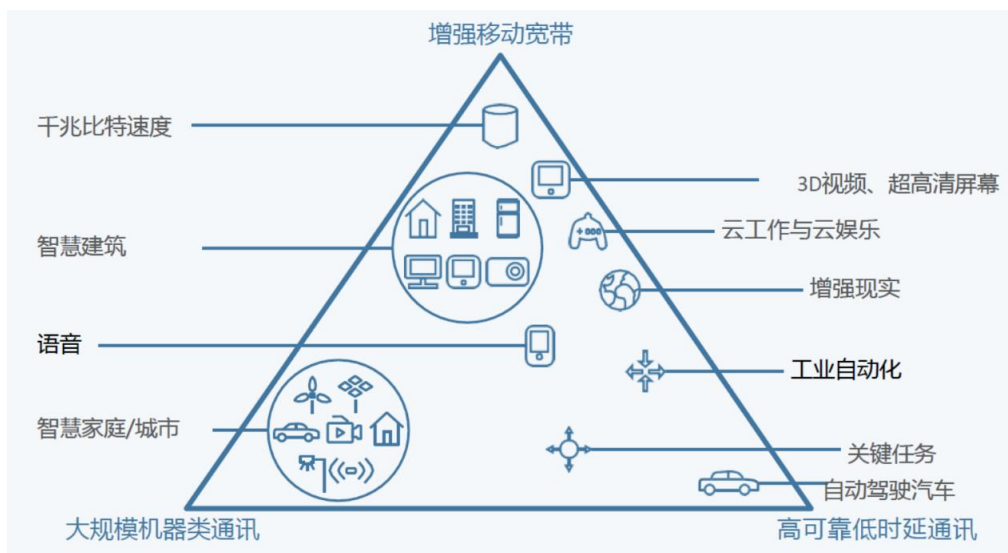


图 31 5G 典型应用场景

(二) 5G 对机器人技术的影响分析

5G 属于通信技术范畴，其发展有望带来整个信息基础设施的革命性升级。但 5G 对具体产业的影响，除了通信产业本身，5G 并不

能单独发挥作用，而是需要与其他基建层技术和通用技术（如边缘计算、视觉技术、传感技术、AR/VR 技术等）结合，作用于不同产业。5G 的应用，不仅仅是简单的网速和连接数的提升，而是量变引发质变，带来全球数据量级的指数级跃升，驱动全球行业应用超过 12 万亿美元经济产出，掀起颠覆式的产业变革。

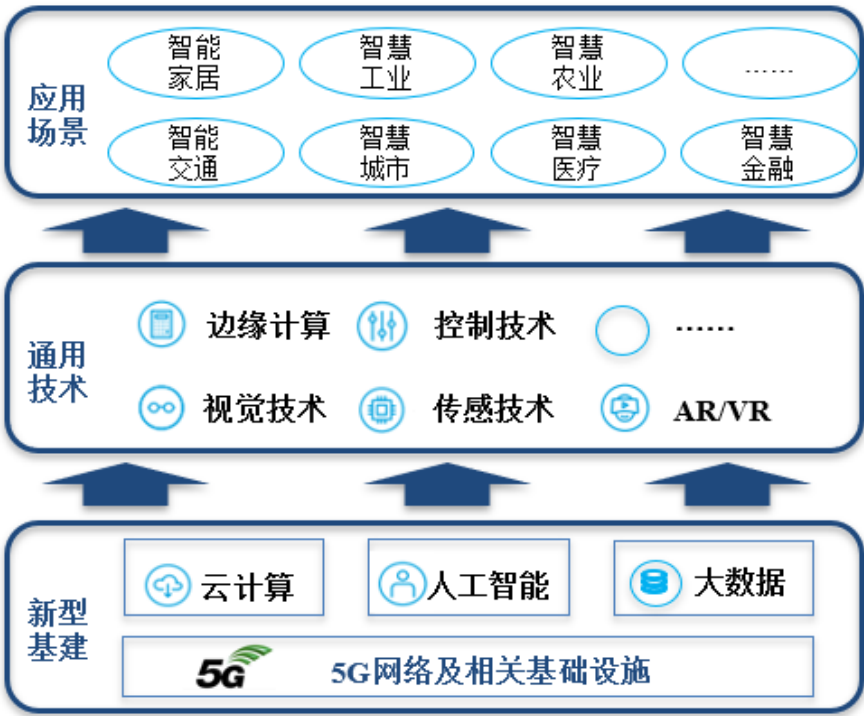


图 32 万物互联时代的技术层次结构

5G 的推广和应用，三大应用场景和本身具备的 MEC、切片等技术特点，使得 5G 不仅仅提供了通讯能力，更是承载了通讯技术、软件技术、数据技术、人工智能技术的融合体。机器人与 5G 技术的融合，不仅实现了数据的互联互通，更可以借助 5G 技术及其所提供的垂直行业能力，改变机器人的实现方式，在功能性、灵活性、性能指标等方面得到突破。

5G 技术为机器人在机器人与互联网、机器人与机器人、机器人

与智能终端之间的数据交互提供了统一的通讯接口，并优化整合了主要的基础能力和通用技术，将数据的处理、存储、分析、可视化转码在传输过程中完成并直接应用到机器人的行为动作上，实现物联网、云能力与人工智能的深度融合：5G+物联网使得机器人的数据采集从仅依靠本身能力延伸扩展到利用一切联网的可交互终端；5G+云使得机器人的数据存储和分析计算能力得到显著提升；5G+人工智能使得机器人获得非结构化数据的处理和分析判断能力。最终，5G将助力机器人实现智能化。

（三） 5G 对机器人行业产业链影响分析

目前，行业内普遍将机器人作为单一封闭产品进行设计，机器人所具备的功能能力和性能指标由硬件决定，智能化程度由软件决定，借助有限的通讯能力实现与外部资源的数据交互。以此为基础，机器人行业产业链分为关键零部件生产厂商的上游、机器人集成开发的中游和实际使用客户的下游。其中机器人的控制软件基本掌握在集成开发的中游企业手中，为增加市场份额、保持产品竞争力、提高技术壁垒，集成开发企业会独立设计控制软件，并在通讯协议上采取封闭或半开放形式，使得在实际使用时，实现复杂系统内机器人间或机器人与环境的互联困难重重。

利用 5G 的相关能力，可以实现机器人的硬件和软件解耦，在上游企业中增加通用机器人控制系统提供商、通讯协议联盟等形式的成员，使得机器人在基础功能性和通讯能力上实现标准化，达到万物互联的目标。对于中游的集成开发企业，将更加专注于在标准能

力上叠加细分市场的特种属性，如工业机器人的工艺能力、移动机器人的集群调度能力等。受益于标准化，下游的使用客户也可以在确保兼容性的基础前提下根据实际需求选择更适合的产品和供应商，达到最优成本效益比。5G 所能提供的高质量通讯能力，使得机器人 IT 技术云端化成为现实，云服务提供商也将成为关键技术上游成员。

三、 5G+机器人典型应用场景

(一) 5G+工业机器人

1. 5G 实现机器人控制云端化

受限于以前无线通讯的性能缺陷，AGV 在产品结构上采用了全封闭式的设计，即在单台 AGV 中完整集成了控制器和算法软件、行驶机构、导航模块、电源模块、避障模块、报警模块、通讯模块等，每台 AGV 会通过无线通讯与调度系统和 WMS（Warehouse Management System）系统进行数据交互从而确定后续动作和移动位置。

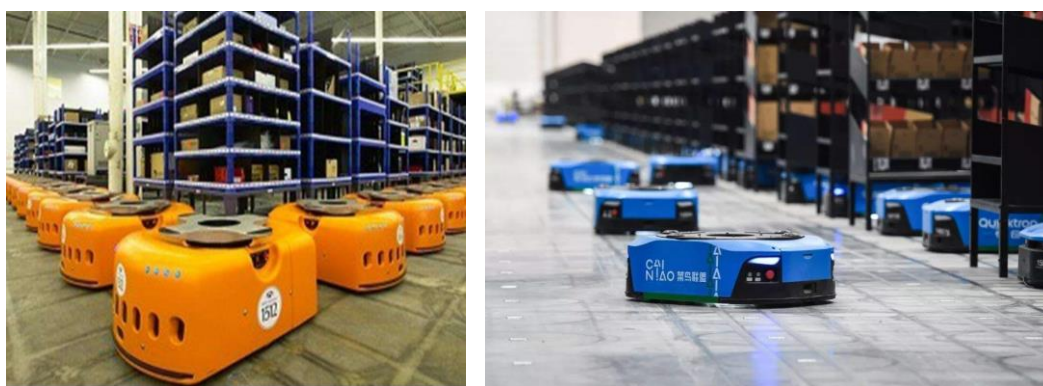


图 33 AGV 物流仓储应用

利用 5G 技术可提供的 eMBB、uRLLC、mMTC 应用场景和 MEC

计算能力，可以实现 AGV 的硬件和软件解耦分离，单台 AGV 仅根据承载能力、行驶能力、传感能力、安全能力进行标准化，其所有控制运动算法软件、传感信息处理软件、导航规划计算软件等均部署在 MEC 中，软硬件通过 5G 技术实现实时数据连通。

1) 硬件独立

使得单台 AGV 减少了控制器成本，集中部署在 MEC 中，尤其在大规模集群应用环境下成本优势明显。通过标准化，AGV 的核心部件如行驶机构、导航模块等成本会受益于规模化生产使得成本进一步降低。

2) 软件独立

不同类型的 AGV 控制软件可以集成并按需调用，提高运行效率，并与 WMS 系统共同部署在 MEC 中，减少上位机的投入和维护。AGV 控制软件可以充分利用 MEC 的计算能力，使得在具备相同硬件基础下根据实时运行情况实现智能调度、合理切换、高效节能、自动管理。

3) 5G 优势

相对于 4G，5G 提供了增强型移动宽带，大规模机器类型通信和高可靠低延迟通信的通讯能力，使得支持局部密集终端接入的实时控制数据与高清视频数据同步传输成为可能，从而为控制云端化提供通讯基础；相对于 WIFI，5G 提供了统一的接入环境，并实现对多区域、广空间的覆盖，使得 AGV 完成跨房间、楼层、厂房的远距离应用成为可能。

2. 5G 实现机器人工作空间生产安全

安全生产是国家的一项长期基本国策，是保护劳动者的安全、健康和国家财产，促进社会生产力发展的基本保证，也是保证社会主义经济发展，进一步实行改革开放的基本条件。因此，做好安全生产工作具有重要的意义。

我国制造业正在处于转型升级过程中，工业机器人因其高度灵活和可编程易集成特性，成为在生产线上取代工人完成高负荷、重复性操作的主要解决方案，促进了“机器换人”计划的逐步推进。但由于生产线的自动化改造进度不一致、工艺要求不确定、产品规格不统一等问题，部分工位或关键环节仍需要工人配合，使得生产现场存在大量人机共位情况，对设备安全、人员安全提出极高要求。近几年机器人生产安全事故频发，2018 年安徽某企业工人正在给自动化生产线上的工业机器人更换刀具时，机器人突然启动夹住工人，后因伤势过重身亡。可见，工业机器人运行过程中的生产安全问题，已成为当前“机器换人”趋势下的一大重点课题。目前，生产现场解决人机工位的安全问题主要方式有以下几种方案：

- a) 安全光栅：在危险区域通过条形光栅划分区域，实时监测是否有物体/人员进入特定区域，并反馈控制系统进入应急处理程序，一般作为最终安全措施。



图 34 安全光栅

- b) 安全地毯：在危险区域通过地毯划分区域，实时监测人员所处位置，并反馈控制系统对生产速度或流程进行控制，一般作为初步安全措施，为人员提供可活动区域，但无法检测人员上半身安全。

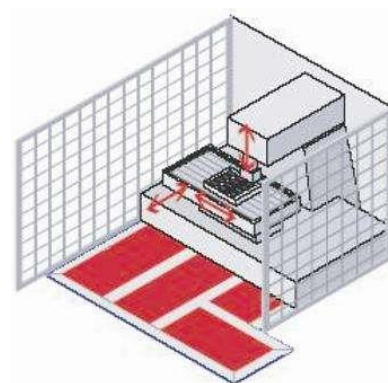


图 35 安全地毯

- c) 安全激光：与安全地毯相同，利用激光扫描技术代替实体地毯，区域可编程定制，使用灵活。



图 36 安全激光扫描仪

- d) 协作机器人：对机器人各轴电机负载进行监控或增加力传感器检测负载变化，当出现未知负载突变（如发生碰撞）时，机器人停止运行。



图 37 协作机器人

以上几种方案，仅协作机器人可以部分解决人机共位的安全问题，但其作为被动安全，是在发生碰撞后采取行动，只能有效降低安全事故发生后的危害，并不能有效避免事故发生。

充分利用 5G 技术提供的大带宽、低时延、广连接的通讯条件和 MEC 的计算能力，使得在生产现场可以在原有生产设备架构上搭建基于 AI 视觉技术的闭环主动安全解决方案，改变了以往安全管理工作“事后处理”的模式，从而达到对违规行为、危险情况进行预判

和预警，实现事先控制、预防为主、关口前移、防患未然的主动安全目标。

5G+机器人+高清摄像头：高清摄像头对机器人工作区域进行实时拍摄，通过 5G 回传到 MEC 后利用人工智能技术进行分析处理，快速识别工作区域内人员位置、防护着装、行为动作等，对可能触发的违规动作和危险情况进行预判，再通过 5G 将处理结果发送到设备控制器，达到危险情况的预判、预警和预操作。

5G+机器人+AR 眼镜：AR 眼镜上的摄像头对佩戴人员的可见视野进行采集后通过 5G 回传到 MEC，通过与设备的数字模型进行匹配对比，结合当前机器人的执行程序，对机器人后续动作进行预读，并通过 5G 发送到 AR 眼镜呈现，使进入机器人工作区域的人员可预先知晓机器人动作情况，从而避免发生危险。

3. 应用案例

湖南电信携手中兴通讯，在位于岳麓区旺龙路中兴通讯长沙研发基地内，共同打造全国首个 5G 智慧工厂，在全国智能制造领域取得了三个突破：

- （1）率先实现了基于运营商网络的 5G 企业专网开通落地；
- （2）率先实现可 5G 云化 AGV 产品落地；
- （3）率先实现了基于 5G 的全业务智能生产示范。

目前，该基地内试点了多种 5G 应用场景：智慧工厂环境监测、AR 辅助设备巡检、云化 AGV 无线实时调度、工厂 360° VR 监控、机器视觉单板监测等。

智慧工厂环境监测主要包括温湿度、PM2.5、气压力传感器、电力计量仪表、水量计量仪表监测，并实现除湿器和净化器联动，从而满足对厂区、园区内设备、物料、人员等的信息采集和管控的需求。AR 辅助设备巡检主要应用场景包括工业现场巡检、教学培训实习、专家远程指导、协同设计、展厅或者销售人员设备展示等。机器视觉单板监测功能应用在生产线部署了 5G 阵列相机，拍摄单板图片传输到计算平台，平台通过视频数据进行视觉计算，来判别单板质量情况。



图 38 5G 云化 AGV 产品示例

(二) 5G+服务机器人

1. 5G 实现陪伴机器人云边协同 AI 能力

对于陪伴机器人来说，人工智能（Artificial Intelligence，AI）是其实现对场景识别、信息提取、动作预判等基础能力的核心技术。但由于实现人工智能各种场景下的应用，要求陪伴机器人具备大数据容量存储和超大算力的支持，否则将无法满足流畅交互和使用需

求。当前有效的解决方案则是通过机器人联网，利用云技术解决数据存储、清洗、挖掘和后续分析算力的应用需求。

通过 WIFI 实现陪伴机器人与中心云平台的数据连接已是公认的较为成熟的解决方案。但受限于 WIFI 的 SSID 标签认证方式、信号覆盖和网络归属等问题，导致了利用 WIFI 通讯的陪伴机器人主要使用在固定房间或固定区域的使用，无法实现跟随客户随走随用。

利用 5G 网络代替 WIFI 实现陪伴机器人的数据连接，稳定蜂窝信号和数字化室分覆盖使得陪伴机器人的使用更加方便，做到随处可用；5G 提供的大带宽、低时延和广连接特性，使得陪伴机器人可以将控制计算能力尽可能的云端化，集中成本增加信息采集和动作执行能力；MEC 的算力下沉使得陪伴机器人的核心应用可以直接部署到客户端边缘，减少通讯负载提高响应效率。同时利用统一的网络接入和快速开发部署的物联网应用，使得陪伴机器人可以快速探知识别周边可用的智能设备，通过 5G 接入直接认证并调用能力，在 MEC 中按需部署应用软件，实现陪伴机器人的功能拓展。

2. 应用案例

2019 年世界制造业大会于 9 月 20 日至 23 日在安徽合肥举行。本次大会，中国电信在 9 号数字经济展馆以“5G 赋能未来，共住美好生活”为主题，聚焦 5G 建设及应用，集中展示了中国电信近年来在 5G、大数据、物联网、人工智能等方面的最新成果。

中国电信展台现场展示了国内唯一的 5G 泰坦机器人，与观众进行亲密接触，成为全场的焦点，引起观众阵阵尖叫，让大家近距离

感受了 5G 的魅力。



图 39 5G 泰坦机器人

泰坦机器人是由英国的赛博斯坦机器人有限公司（Cyberstein Robots Ltd)在 2004 年开发的机器人。该机器人套装高度约为 2.4m 且重达 60kg，加上用来运载的拖车和车载设备总共重达 350kg。它的头部类似于一个骷髅头，也能让人联想起变形金刚里的机器人设计。

(三) 5G+特种机器人

1. 5G 实现安防巡检机器人

纵观安防行业发展历程，主要是围绕着视频监控在不断改革升级，“看得到、看得远、看得清”一直是推动行业进步的主要因素。自 AI 技术的成熟应用，使得行业从被动监控向主动识别过度，“看得懂”成为了视频监控产品的主旋律。随着自动驾驶技术相关产业链发展，安防巡检机器人产品也开始不断在市场上涌现。

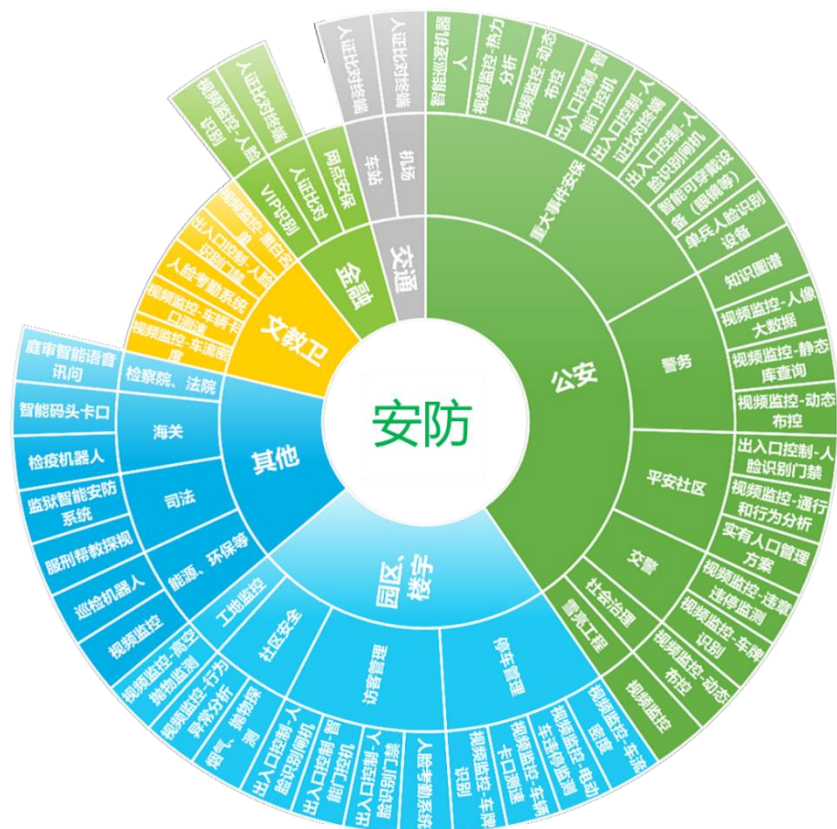


图 40 整体安防产业链

安防巡检机器人目前主要应用在社区、厂区等场地开放、面积宽广或机房、仓库等封闭房间、遮挡隔断的环境，对网络通讯信号的稳定和服务一致性需求较高。对于室内环境，一般采用 WIFI 解决网络通讯，信号覆盖能力有限、带宽较低传输速率一般、信号不稳定多区域切换有缺陷等问题；对于室外环境，目前以 4G 技术实现较多，上行带宽严重不足无法支撑高清视频回传、数据回传所经链路过长耗费资源产生浪费、与一般用户同用一网导致质量一致性无法保障等问题暂无良好解决方案。这使得安防机器人在实际应用时的稳定性、流畅性等需求无法得到满足，阻碍了产业发展。

5G 技术承载安防巡检机器人的数据网络通讯，其大带宽、低时延、广连接特性有效支撑了高清视频回传、远程实时操控、多机联

动控制等实际需求，MEC 的计算能力既可以为机器人的 AI 向边缘部署提高响应效率又可以满足数据短线回传节省核心网络资源，切片技术则可以为对于 QoS 一致性较高需求的特殊场景提供数据网络服务同时确保数据安全。

2. 应用案例

全球 5G 发展大潮汹涌，我国加快 5G 商用步伐。中国电信 5G 创新合作大会于今日在深圳举办。中国电信与合作伙伴共同展示了丰富的垂直场景应用，容联与优必选合作推出的智能安监机器人亮相此次大会，提供 5G+智能视频监控、应急指挥等智慧安监解决方案，为政府注智、为城市赋能。



图 41 5G 安防巡检机器人示例

作为中国电信 5G 创新的一个落脚点来说，容联与优必选的安监机器人融合了 5G+AI 等各项信息技术，包括图像识别、人脸识别、

温度感应、危险源侦测等等，各项技术相互支撑，相互渗透，智能安监机器人可以为变电站巡检、大型园区安监、城市巡逻、云联动指挥等场景应用提供综合性智慧安监、智慧警务解决方案，全面提升特定场景和公共安全的监管水平。

智能安监机器人带来的不只是一场 AI 革命，容联智能安监建立起了集信息、救援、指挥、监管、监控于一身的信息化系统，是以安全监管机器人为中心、以 AI、音视频等融合通讯云平台为保障、5G 网络为依托、应急管理系统为手段的智能安监解决方案，提供全面的、快捷的、科学的软硬件一体解决方案，目前已经在大型的能源、政务等场景大施拳脚，未来将在各行业的安保、监控、应急指挥等领域加速推广，释放更多无人安监场景，通讯管理和行业赋能将更加智能。

四、 总结与展望

5G 技术的成熟与落地应用，将极大的拓展机器人的应用场景，大带宽、低时延、广覆盖特性会切实解决机器人目前所遇到的通讯和严苛性能的应用要求，使人机交互更加智能、功能效果更加突出、部署实施更加便捷，实现工业机器人无线化、服务机器人进万家、特种机器人迎发展的新局面。但由于 5G 技术仍处于标准制定过程中，网络部署也刚刚起步，终端和模组还在开发和测试中，距离面向大众提供稳定可靠的通讯服务还有一段过程，“5G+机器人”的市场成熟与广泛应用将面临较多问题和困难，需要各方携手应对。

(一) 技术标准待完善，行业场景存变数

2019 年 6 月初在美国加州结束的 3GPP RAN#84 会议上，3GPP 带来了 5G 空口标准的最新时间表（Rel-15/16/17）及 Rel-17 的工作方向。目前 Rel-15 版本已经全部完成并冻结，作为第一阶段 5G 的标准版本，明确了 SA 和 NSA 模式和架构，Rel-16 版本正在进行中，完成冻结时间已推迟到 2020 年 6 月，Rel-17 版本已开始准备工作。目前开始商用的 5G 网络仅支持 eMBB 场景，可提供 MEC 算力和核心网切片，支持 uRLLC 和 mMTC 场景以及空口切片将还需等待一段时间。标准冻结的延迟，使得 5G 网络部署、行业终端跟进等均增加了不确定性。这种现状也直接导致了行业在 5G 应用探索中仅能做试点和测试，且都是在周边业务场景，无法深入到核心业务，让人们对于 5G 对各行业的实际赋能能力提出疑问。

(二) 通讯安全成为关切要点

5G 融入机器人作为其数据交互的唯一接口，通讯安全成为了保证机器人功能稳定、可靠的关键因素。接入设备的安全认证，将是保证接入设备和在网设备安全的首要措施，5G 接入需要提供安全认证框架，并支持各种应用场景下的双向身份鉴权，建立统一的密钥系统。同时 5G 的广泛使用促进了大数据时代的形成，数据安全成为热门话题，如何保障数据在网络传输、MEC 计算和云平台存储过程中的完整、安全将是推进 5G 规模应用和用户认可的关键因素。

(三) 服务机器人将最先与 5G 结合，网络覆盖成为关键

从技术及应用场景来看，服务机器人将最先与 5G 深度融合并实

现商用。利用 5G 提供的大带宽，服务机器人可以实现高清视频的采集回传、多种复杂呈现技术展现、与云端数字资源池深度融合；利用 5G 提供的低时延，借助 MEC 提供的边缘算力，人工智能将以一种全新的应用模式低成本的部署到每一台服务机器人上，通过 5G 实现对传统机器人的智能赋能；利用 5G 提供的广连接，服务机器人结合物联网能力实现万物互联，充分与智能环境进行自主融合，实现硬件能力的无限扩展。同时，通过 5G 为服务机器人提供随时随地的统一网络接入，不仅拓展了服务机器人的应用场景和场地范围，也简化了部署流程，使其做到随开随用，明显优于 WIFI 的接入方式。但这都将依赖于 5G 网络的无缝覆盖和稳定服务能力，以目前网络实施部署的进度和建设成本来看，未来 2 到 3 年内都很难达到目前 4G 的覆盖能力，对于取代 WIFI 实现室内网络接入的目的也不易在短期达成。

(四) 工业机器人与 5G 实现通讯无线化待市场认可

随着智能工厂的理念被逐步推广和认可，在传统自动化的基础上实现数字化以成为制造业普遍接受的发展趋势。数字化工厂实现的首要目标就是实现万物互联、数据互通，这不仅对设备通讯能力提出更高要求，也对设备和车间的网络部署提出全面升级需求，使得实现数字化的成本投入过大，而实际生产效益又不明显，严重影响了客户、尤其是中小企业的参与热情。目前工厂中的无线通讯解决方案基本上是 WIFI，小部分利用蓝牙等技术实现，因接入方式、信号稳定性、设备运行可靠性等问题，使得在实际使用时问题不

断。5G 能提供的大带宽、低时延、广连接是工业通讯所必须的性能要求，是为工厂现场实现无线接入的最佳解决方案。但工业技术更新迭代缓慢，需要大量实际测试应用验证稳定可靠性，需要较长时间培育市场得到客户认可，这也为 5G 在工业机器人的应用上带来了不确定性。

(五) 特种机器人与 5G 的结合应用待明确

特种机器人本就是服务于特殊环境或应用要求的小众产品，对于 5G 的蜂窝信号部署应用所面向的客户群体有所差别，使得两者在实际结合的场景需求上不明显，甚至是南辕北辙。同时，特种机器人和 5G 的技术都在逐步完善中，市场也在逐渐成熟中，也许会出现更为合适的应用场景。

五、 中国电信 5G+机器人业务发展建议

待补充