

机器人专题研究之一

产业发展概览

行业研究 · 行业专题

电力设备新能源 · 电气设备

投资评级：超配

证券分析师：王蔚祺

010-88005313

wangweiqi2@guosen.com.cn

S0980520080003

证券分析师：王晓声

010-88005231

wangxiaosheng@guosen.com.cn

S0980523050002

联系人：李全

021-60375434

liquan2@guosen.com.cn

- 100多年前电能的发明利用开创了人类文明的新纪元，也引发了第二次工业革命，人类从此进入电气时代。时至今日，电气化依旧是全球工业化发展的前提条件，也是开启以德国工业4.0为代表的智能制造时代的重要基础。拖动电机与变频器技术构成先进的伺服系统，能够提供高精度的伺服和运动控制技术，并成功推动上世纪60年代以来工业机器人的蓬勃发展。
- 从市场规模分析，本世纪以来随着变频技术的进步以及诸如矢量控制、直接转矩控制等新型控制原理的面世，叠加数字技术的发展，极大地促进机器人产业的创新迭代。2022年全球机器人市场规模已经超过500亿美元，其中工业/服务/特种机器人分别占38%/42%/20%。未来，机器人产业深度融合通信、感知、处理、移动、意识、操作等方面的最新技术，向着更加智能化、柔性化、安全及多应用领域的发展方向发展，整个机器人市场有望继续保持双位数增长。国际机器人联合会（IFR）展望，到2024年全球机器人市场规模将达到660亿美元，其中服务机器人、特种机器人以及跨领域的人形机器人市场有望贡献更高增速。中国占全球工业机器人市场规模超过50%，占服务机器人和特种机器人市场份额只有20-30%，市场规模仍有广阔提升空间。
- 从供给格局分析，全球机器人本体和集成，尤其是高端机器人领域，主要由海外企业主导。工业机器人领域的海外“四大家族”品牌（ABB、发那科、安川、库卡）拥有稳定的市场地位。近年来国内机器人产业成功把握技术变革和市场优势，在研发和订单方面进步显著，并带动关键零部件国产化。随着AI技术的发展，国内机器人产业在服务机器人、特种机器人乃至人形机器人领域的产品迭代正明显加快。
- 工业机器人的三大关键零部件为减速器、伺服系统和控制器，成本占比分别为30%、22%和10%。我国相关产业在减速器、伺服电机等环节的技术沉淀、质量管理、市场发展等方面仍有较大提升空间，也将顺势促进我国高端制造领域的突破。
- **投资建议：**建议关注国产机器人本体、系统集成以及关键零部件的发展机会，以及人形机器人配套产业链发展进程。
- **风险提示：**工业机器人市场需求不及预期，人形机器人产业化进程不及预期。

1

全球机器人产业发展现状

2

中国机器人产业发展趋势

3

人工智能与人形机器人

4

机器人产业链分析

5

机器人关键零部件

机器人的定义：

- 国际标准化组织（ISO）将机器人定义为“一种自动的、位置可控的、具有编程能力的多功能机械手，这种机械手具有几个轴，能够借助可编程序操作来处理各种材料、零件、工具和专用装置，以执行种种任务。我国业界给出的机器人定义是：机器人是一种自动化的机器，这种机器具备一些与人或生物相似的智能能力，如感知能力、规划能力、动作能力和协同能力，是一种具有高度灵活性的自动化机器。机器人的特点：1、可编程，2、拟人化，3、通用性，4、机电一体化。
- **机器人的分类：**按用途主要可分为工业机器人、服务机器人和特种机器人三类。
 1. **工业机器人**按照用途可分为搬运、码垛、焊接、喷涂、装配、激光加工、真空、洁净。
 2. **服务机器人**是在非结构环境下为人类提供服务的多种高技术集成的先进机器人，应用领域在家用、医疗和公共服务（农业、金融、物流、教育等）领域。
 3. **特种机器人**是可代替人类从事高危环境和特殊工况的机器人，包括军事应用、极限作业和应急救援等领域。

图1：机器人主要分类示例

工业机器人-搬运机器人



工业机器人-焊接机器人



服务机器人



人形机器人



资料来源：从左往右海康机器人官网、埃斯顿官网、普渡科技官网、特斯拉，国信证券经济研究所整理

机器人产业的历史大事件



1948

美国数学家诺伯特·维纳发表《控制论》，成为开创机器人领域的理论基础。

1954

工业机器人先驱美国人乔治·德沃尔 (George Devol) 提出了第一个可编程的机器人的方案。

1961

Unimation公司*1 (通用机械公司) 成立, 生产和销售了第一台工业机器人Unimate, 并用于通用汽车的装配线生产。

1962

AMF (机械与铸造) 公司研制出了一台数控自动通用机, 取名为Versatran。

1967

Unimation公司的第一台喷涂用机器人出售到了日本川崎重工业株式会社。

1968

第一台智能机器人Shakey在斯坦福研究所诞生。

1972

IBM公司研制出了直角坐标机器人 (Cartesian Robot)。

1973

Cincinnati Milacron公司第一台微处理器控制机器人T3型机器人。



1977

日本学者研制出了首台多指灵巧手样机。

1978

第一台PUMA机器人在Unimation公司诞生; 同年, 澳大利亚学者首次将6自由度并联机构用于机器人操作器。

1981

日本山梨大学 (University of Yamanashi) 的牧野洋开发出了SCARA型机器人。

1988

卡耐基梅隆大学 (Carnegie Mellon University, CMU) 研制出了可重构模块化机械手系统RMMS。

1996

日本本田技研工业株式会社研制出了P 2型机器人, 2000年推出了类人机器人ASIMO (阿西莫)。

2002



丹麦iRobot公司推出了吸尘器机器人Roomba, 它能避开障碍, 自动设计行进路线, 还能在电量不足时, 自动驶向充电座。

2005

美国波士顿动力 (Boston Dynamics) 公司研制出“大狗” (BigDog) 机器人。

2008

英国科学家研制了首个有生物脑的机器人米特·戈登 (Meet Gordon)。

2012

全球首张无人驾驶汽车获得牌照, 该牌照被授予一辆丰田普锐斯 (Toyota Prius), 这辆车使用谷歌公司 (Google) 开发的技术进行了改造。



2022

特斯拉研发的人形机器人擎天柱Optimus原型机正式亮相, 该款人形机器人结合了特斯拉的AI技术。

资料来源:《人工智能·智能机器人》
作者: 陆建峰等 出版社: 电子工业出版社
出版时间: 2020年6月; 人民网、特斯拉官网、石头科技, 国信证券经济研究所整理。
注: 图片非第一台灵巧手样机, *1 乔治·德沃尔和约瑟夫·英格伯格 (Joseph Engelberger) 创立了世界第一家机器人公司尤尼梅申 (Unimation)。上世纪60年代, 该公司被联合柴油机电气公司 (Condec Corporation) 收购。后来, 联合柴油机电气公司的部分产业被工业制造巨头伊顿电气集团 (Eaton) 买下。

全球机器人分类（工业机器人-机械结构）

1.多关节机器人 (Articulated robot)

多关节机器人也称机械臂，是工业领域中最常见的工业机器人形态，能进行装配、喷漆、搬运、焊接等机械自动化作业。多关节机器人按构造可以分为5轴和6轴关节机器人、托盘关节机器人等。其优点是自由度高，可自由编程，错误率可控。根据 IFR、CRIA 统计数据，垂直多关节机器人在国内外市场的占比均超过60%。

2.平面多关节机器人 (SCARA robot)

平面多关节机器人又称SCARA机器人，有3个旋转关节，其轴线相互平行，在平面内进行定位和定向，还有1个移动关节，用于完成末端件垂直于平面的运动。SCARA机器人具有垂直方向刚性高、水平面内刚性低（柔顺性）的特征，在装配作业中普遍应用。

3.坐标机器人 (Cartesian robot, Gantry robot, Linear robot)

坐标机器人也称线性机器人 (Linear robot)、直角坐标机器人 (Cartesian robot)、桁架式机器人 (Gantry robot)，其关节在一条直线上，由独立沿x、y、z轴的自由度构成，并彼此成直角。特点是高速度、高精度和高可靠性，灵活、多功能。末端操作工具不同，可实现不同功能，如焊接、搬运、包装、码垛、检测、分类、装配、贴标、打码、喷涂等，适用于多品种、多批量柔性作业。

4.并联机器人 (Parallel robot)

并联机器人通过至少两个独立的运动链将动平台和定平台相连接，有两个或两个以上自由度，且以并联方式驱动。其优点是刚性较好，可用来完成数控机床的一些功能，无累积误差，微动精度高，运动部重量轻，速度快，动态响应好。并联机器人多应用在运动模拟、机床、微操作、芯片制造、生物医学、微外科手术等领域，在食品包装生产线、药品分拣、收集及轻质产品的包装及加工装配等方面也有广泛应用。

5.圆柱坐标机器人

圆柱坐标机器人的运动轴采用圆柱坐标系，可达空间呈圆柱状。此类机器人在半导体行业应用较多，可安装在生产线上，进行部件的装卸、处理、组装、清洗、清理等工作。

6.工厂用物流机器人 (AGV robot)

AGV是“自动导引运输车”的简称，指装配有电磁或光学等自动引导装置，能够沿规定的导引路径行驶，具有安全保护以及各种移动功能的运输车，是生产物流系统中最重要的装备之一，是自动化生产线、无人车间实现高效、经济、灵活、无人生产的关键装备。

图2：机器人主要分类（机械结构）

1.多关节机器人



2.平面多关节机器人



3.坐标机器人



4.并联机器人



5.圆柱坐标机器人



6.物流机器人



资料来源：中国机器人产业联盟（CRIA）；中国战略性新兴产业研究与发展——工业机器人（国家出版基金项目）作者：宋晓刚出版社：机械工业出版社，2020-09-01，国信证券经济研究所整理

焊接机器人

焊接机器人是可以完成焊接作业的工业机器人，主要包括点焊机器人、弧焊机器人、激光焊接机器人和复合焊接机器人等。焊接作为工业“裁缝”，是汽车、机械、船舶、航空航天等行业生产中非常重要的加工手段，焊接质量的好坏对产品质量起着决定性的影响。船舶、管道、桥梁、石油、化工、金属加工、建筑等行业对于焊接机器人也有较大需求，航空航天、海洋工程、核工程领域将会成为焊接机器人未来新的应用增长点。



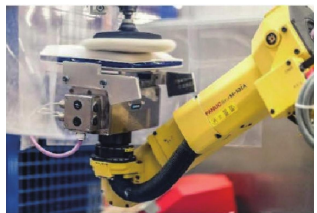
搬运机器人

搬运机器人是进行自动化搬运作业的工业机器人，安装不同的末端执行器以完成各种不同形状和姿态工件的搬运工作。未来，随着视觉识别技术的逐渐成熟，用搬运机器人进行物料、工件的搬运、分拣、上下料等作业成为发展趋势，尤其在物流行业以及企业生产制造中的物流环节。在石油、化工、核工程等高风险领域，对于搬运机器人的需求也有快速的增长。



加工机器人

加工机器人是把终端执行器变为具有铣削、钻削、雕刻等功能的主轴系统的工业机器人。



喷涂机器人

喷涂机器人是一种主要用于表面涂覆工作的工业机器人，是机器人技术和表面喷涂工艺相结合的产物。喷涂机器人一般采用液压驱动，具有轨迹灵活、柔性大、动作速度快、防爆性能好等特点。其在汽车、电子、家具、卫浴等行业得到了广泛应用。



装配机器人

装配机器人是工业生产中对零部件进行装配的工业机器人，是柔性自动化装配系统的核心设备。末端执行器是夹持工件移动的一种夹具，常搭配视觉、触觉传感系统。装配机器人的特点是具有精度高、柔顺性好、工作范围小、能与其他系统配套使用等特点，主要应用于电气电子、汽车零部件、航空航天、仪器制造等行业。



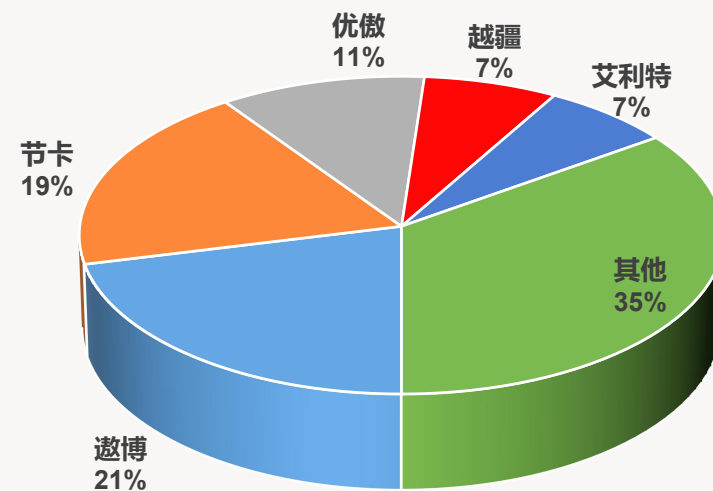
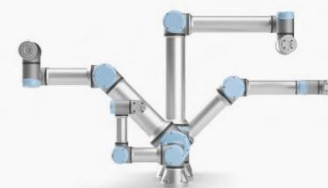
真空 (洁净) 机器人

真空 (洁净) 机器人是在真空 (洁净) 环境中使用的工业机器人，广泛应用于半导体、平板显示、LED、太阳能光伏、医药以及食品加工与包装等行业，对控制精度、运动平滑度以及材料洁净度等方面提出很高要求，生产具有加工超精密化、环境超洁净的特点。



- **协作机器人**：协作机器人是垂直多关节机器人的一种，后者是最为常见的一类工业机器人，主要包括传统多关节工业机器人、协作型多关节工业机器人等。
- 协作机器人因具备柔性、协作安全及易部署等特征，与人类的协作性较好，可以适用于更广泛的应用场景。近年来，协作机器人的成本优势愈发凸显，工业自动化领域机器换人进程正不断推进。根据 GGII 数据，从终端客户使用成本来看，2021 年协作机器人单位时间成本仅约 6.59 元/小时，而人工成本升至 37.88 元/小时，已接近前者的 6 倍。
- 根据 IFR 统计数据，2017年至 2022 年，协作机器人占工业机器人市场规模的比例由 **2.7%增长至 9.9%**，我们估算相当于全球协作机器人市场规模从2017年的4.4亿美元增长至2022年的19.3亿美元；全球协作机器人龙头企业2022 年优傲（丹麦）的营业收入为 3.26 亿美元，估计全球份额在15-20%之间。
- 从制造业对工业机器人的应用需求和工业机器人技术发展趋势来看，未来工业机器人必然向具备良好的安全性、灵活性和易用性，可实现人机协作等方向发展。我国工业机器人产业发展路线图也明确，将积极研发能够满足智能制造需求，特别是与小批量定制、个性化制造、柔性制造相适应的，可以完成动态、复杂作业使命，可以与人类协同作业的新一代工业机器人。

图3：国内协作机器人市场份额（2022年）



资料来源：MIR睿工业，节卡股份招股说明书，国信证券经济研究所整理

协作机器人与传统工业机器人的区别

表1: 协作机器人与传统工业机器人（垂直多关节）的区别

项目	协作机器人	传统工业机器人（垂直多关节）
额定负荷	较小，通常为25kg以内	覆盖广泛，中大负荷通常为20-1,000kg；同时具备较小负载（20kg以内）区间的作业能力
技术水平	<ol style="list-style-type: none">1、强调柔性、轻量化、安全性；2、通常采用中空一体化关节、谐波减速器、中空无框电机、铝铁结构；3、重视负载/自重比的提升，自重通常十几千克至几十千克，有利于更改部署、提升安全性；4、重视自身安全防护等级，如速度存在上限标准，通过电子防护、力控传感等技术实现碰撞检测与安全控制；5、重视与人协作的体验，如外形美观、编程/示教方式简单，使用门槛低。	<ol style="list-style-type: none">1、强调刚度、精度、速度；2、采用分布式关节、RV 减速器、大功率有框电机、钢铁结构；3、负载自重比并非主要考量，自重动辄几十千克至上百千克，适用于长期保持标准化生产的产线；4、其工作环境通过加装围栏等与人分隔，以实现安全防护，自身速度快、碰撞力度大；5、无需与人协作，关节传动机构和线束裸露较多，编程/示教需要具备专业基础，使用门槛较高。
应用场景	主要面向与人协作的各类生产及服务场景，主要为完成“人力可为”的生产、加工或服务任务，如喷涂、码垛、包装、涂胶、医疗、零售等	主要面向工业场景，主要为完成“人力不可为”或“人力难为”的生产、加工任务，如搬运、焊接、装配、冲压、切削、打磨等

资料来源：节卡股份招股说明书，国信证券经济研究所整理

图4: 协作机器人-高精度工业场景（上下料及涂胶）



资料来源：节卡股份招股说明书，国信证券经济研究所整理

图5: 传统机器人-大型工业场景（焊接）



资料来源：节卡股份招股说明书，国信证券经济研究所整理

图6：服务机器人与特种机器人示例

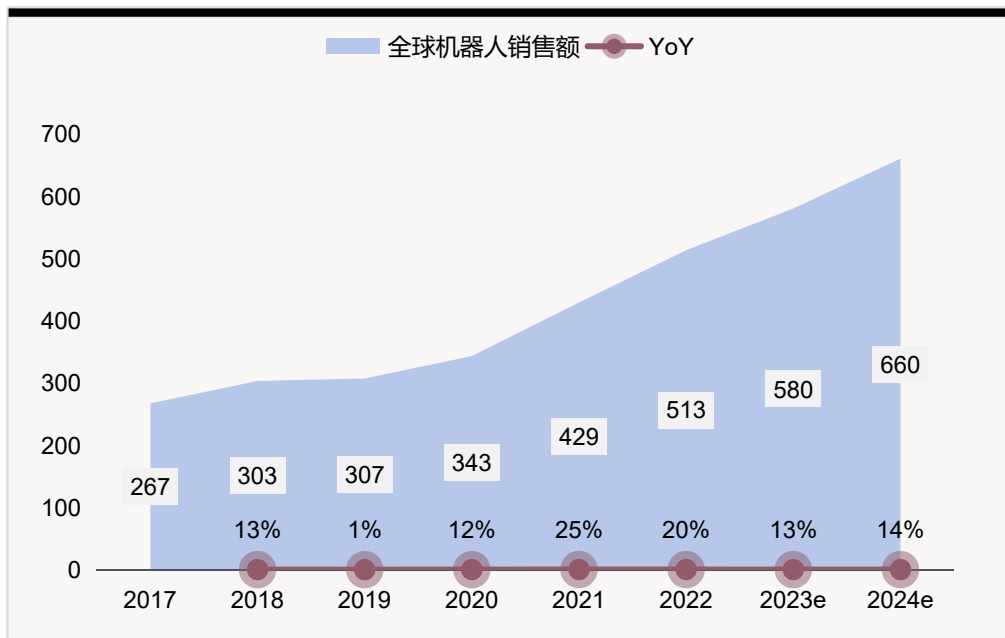


- 国际机器人联合会（IFR）定义服务机器人是一种半自主或全自主工作的机器人。它能完成有益于人类健康的服务工作，但不包括从事生产的设备。
- 可分为个人/家用服务机器人、公共服务机器人。个人/家庭服务机器人主要包括家用任务型机器人、娱乐机器人、老年及残障协助机器人等。公共服务机器人又可称为专用/商用服务机器人，主要包括专业清洁机器人、配送机器人、医疗机器人、公共教育机器人等。
- 从机器人的功能特点上来讲，它与工业机器人的一个本质区别在于，工业机器人的工作环境都是已知的，而服务机器人所面临的工作环境绝大多数都是未知的。服务机器人应用场景复杂多样、具体细分种类繁多。
- 服务机器人其可应用在零售、物流、医疗、教育、安防等众多行业和场景，实现引导接待、物流配送、清扫、陪伴教学、安防巡检等多样化、复合型功能。未来以特斯拉Optimus为代表的人形机器人，又将改写服务机器人的历史，成为横跨多专业领域的通用型机器人，甚至打破服务机器人、特种机器人与工业机器人的概念边界。

资料来源：萤石网络、普渡科技、波士顿动力、大疆、达芬奇机器人、以色列通用机器人、枢灵中医机器人，国信证券经济研究所整理

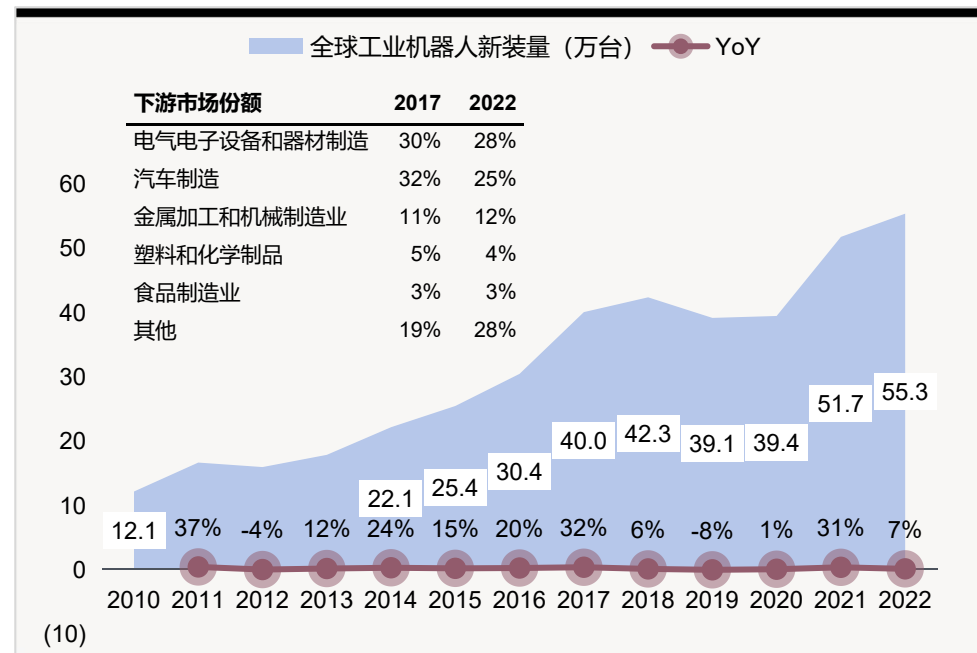
- 得益于计算机和自动化技术的发展，现代工业机器人的发展史在上世纪50年代正式拉开帷幕，经过60多年的发展，工业机器人技术日趋成熟，并被广泛应用于汽车、光伏、锂电、机械加工、电子电气、食品、医药、物流等诸多领域。随着新一代信息技术、生物技术、新能源技术、新材料技术等与机器人技术加快融合，人工智能不断发展和深入应用，机器人的智能化程度不断提高，具备更多的感觉、识别、推理和判断能力，甚至可根据外界条件的变化，在一定范围内自行修改程序，在不同应用领域的创新发展日新月异。国际机器人联合会（IFR）展望，到2024年全球机器人市场规模将继续保持双位数的增长，达到660亿美元。

图7：全球机器人年销售额（亿美元）



资料来源：国际机器人联合会（IFR），中国电子学会，2022年为预估数，国信证券经济研究所整理

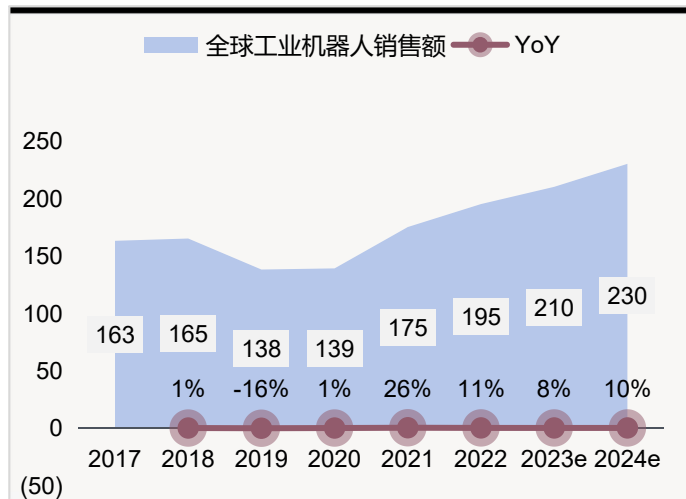
图8：全球工业机器人年销量（万台）



资料来源：国际机器人联合会（IFR），国信证券经济研究所整理

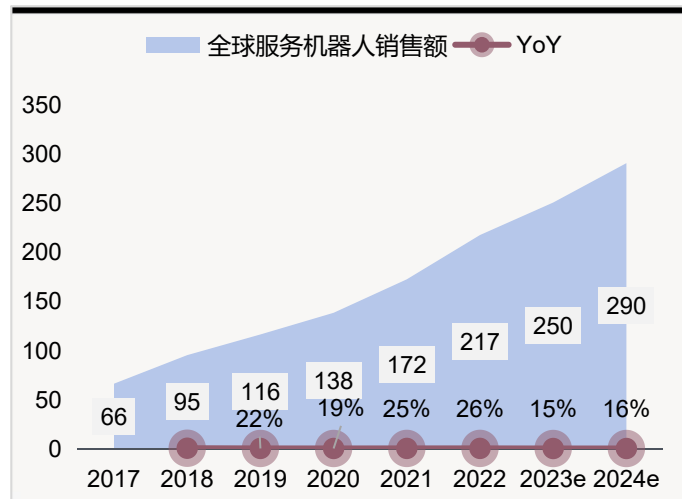
- 近年来全球工业机器人在汽车、新能源、电子、金属制品、塑料及化工产业得到广泛应用，5G+工业互联网实现了机器人的数字化、网络化和智能化升级；疫情催生了专业服务应用的新需求，“无接触式”的无人配送等新的服务模式快速发展，同时多技术融合提升了服务机器人自主智能服务水平，特别是医疗服务机器人领域；全球特种机器人整机性能持续提升，在极端环境、危险作业等场景操作能力大幅增长。
- 根据IFR和中国电子学会的数据，2022年全球工业机器人市场规模达到195亿美元，服务机器人市场达到217亿美元，特种机器人市场达到101亿美元。并且在2023-24年将继续保持两位数增长，其中服务机器人和特种机器人的增速高于工业机器人。

图9：全球工业机器人年销售额（亿美元）



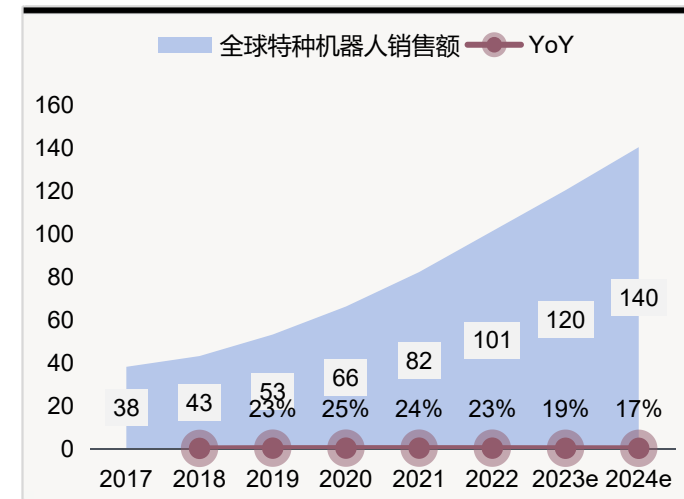
资料来源：国际机器人联合会（IFR），中国电子学会，2022年为预估数，国信证券经济研究所整理

图10：全球服务机器人年销售额（亿美元）



资料来源：国际机器人联合会（IFR），中国电子学会，2022年为预估数，国信证券经济研究所整理

图11：全球特种机器人年销售额（亿美元）

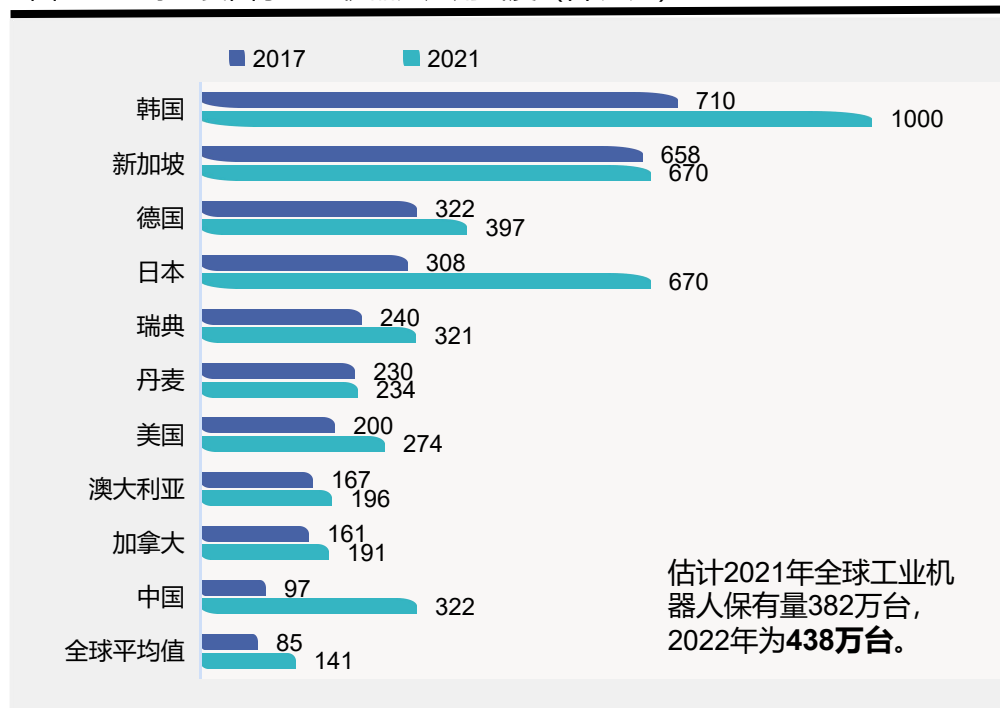


资料来源：国际机器人联合会（IFR），中国电子学会，2022年为预估数，国信证券经济研究所整理

全球工业机器人产业发展现状（区域比较）

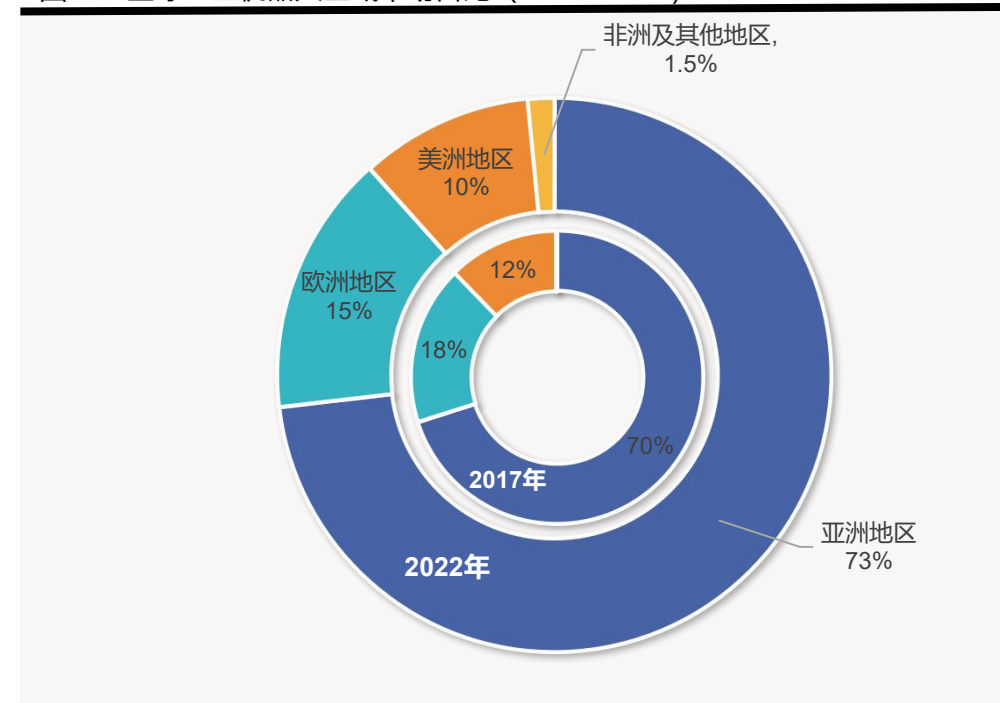
- 全球机器人密度在2017-2022年期间接近翻番，从85台/万人增长到151台/万人。
- 从各国数据来看，2017至2021年期间韩国工业机器人应用密度始终位居全球第一、达到1000台/万人，这主要得益于其在电子行业和汽车行业的全球领先优势；日本和新加坡紧随其后。中国工业机器人应用始终保持高速增长，应用密度已经超过美国，2021年在全球排名第五，达到322台/万人；2022年更是大幅增长至392台/万人。
- 2013年以来中国一直是全球第一大工业机器人销售市场，2022年销售29.7万台，全球份额53.7%。

图12：全球主要国家工业机器人应用密度（台/万人）



资料来源：国际机器人联合会（IFR），国信证券经济研究所整理 注：保有量为根据2018年以来的新增量计算所得，未考虑退役数量。

图13：全球工业机器人区域市场占比（2017vs2022）



资料来源：国际机器人联合会（IFR），国信证券经济研究所整理

海外工业机器人四大“家族”

- ABB、发那科 (FANUC)、安川电机 (YASKAWA)、库卡 (KUKA) 和川崎重工 (KAWASAKI) 等国际知名企业工业机器人占据机器人本体领域高端市场，发展历史悠久。根据《中国工业机器人产业发展白皮书 (2020)》，四家在全球工业机器人市场上占据约 50% 的市场份额。全球范围内形成以“四大家族”为主导品牌、欧系与日系并肩发展的行业竞争格局。

ABB机器人及离散自动化	2023财年
营业收入 (亿美元)	36.4
营业利润率 (%)	12.3%

ABB

ABB是全球知名的电网、电气产品、工业自动化和机器人及运动控制领域的企业，其核心优势在控制系统。总部位于瑞士苏黎世，集团业务遍布全球100多个国家和地区，雇员达14.7万人。ABB生产机器人有40多年的历史。1974年ABB发明了全球首台电动微处理工业机器人。

ABB在工业机器人、高低压电网产品等领域具有很高的市场占有率，其核心优势在控制系统。

发那科-机器人业务	2022年财年
营业收入 (亿美元)	26.9
综合营业利润率* (%)	22.5%

发那科 (FANUC)

日本发那科 (FANUC) 成立于1956年，是世界知名数控系统研发、设计、制造、销售企业。发那科依靠数控系统及伺服系统、机器人、机床三大业务板块紧密结合，形成统一平台进行控制与集成。发那科机器人广泛应用于装配、搬运、焊接、铸造、喷涂、码垛等不同生产环节，可以提供负载量从0.5kg至1350kg的标准工业6轴机器人，客户遍及汽车及零部件、家电、食品饮料等行业。

安川电机-机器人业务	2022年
营业收入 (亿美元)	15.4
营业利润率 (%)	11.7%

安川电机 (YASKAWA)

安川电机 (YASKAWA) 成立于1915年，经过百年发展，成为一家在机器人、驱动控制、运动控制及系统工程领域拥有品牌影响力的国际企业，安川电机的AC伺服系统和变频器市场份额领先。1977年，安川电机研发出日本首台命名为“莫托曼1号”的全自动工业机器人，随后又研发出了焊接、搬运、装配、喷涂等多种类型的工业机器人，在树脂橡胶、汽车制造、电子电气、机械加工等行业都有十分广泛的应用。

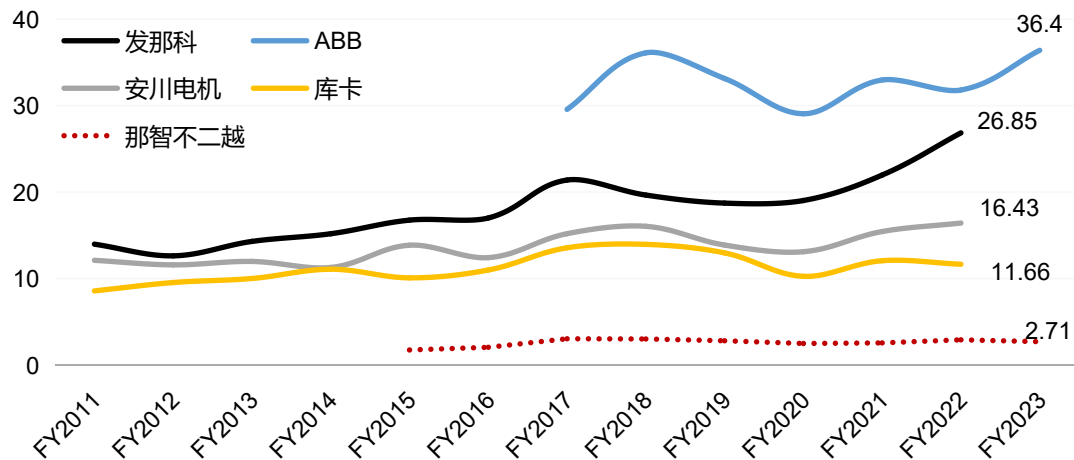
库卡-机器人业务	2022财年
营业收入 (亿美元)	11.8
营业利润率 (%)	2.61%

库卡 (KUKA)

库卡 (KUKA) 公司于1898年在德国的奥格斯堡创立。1973年，KUKA研发出FAMULUS——世界上首台拥有6个机电驱动轴的工业机器人。1996年，库卡机器人有限公司成为独立企业。库卡的工业机器人业务主要分四类，一是汽车用工业机器人业务，目前库卡在这一领域全球领先；二是工业机器人业务；三是物流机器人业务；四是医疗机器人业务。

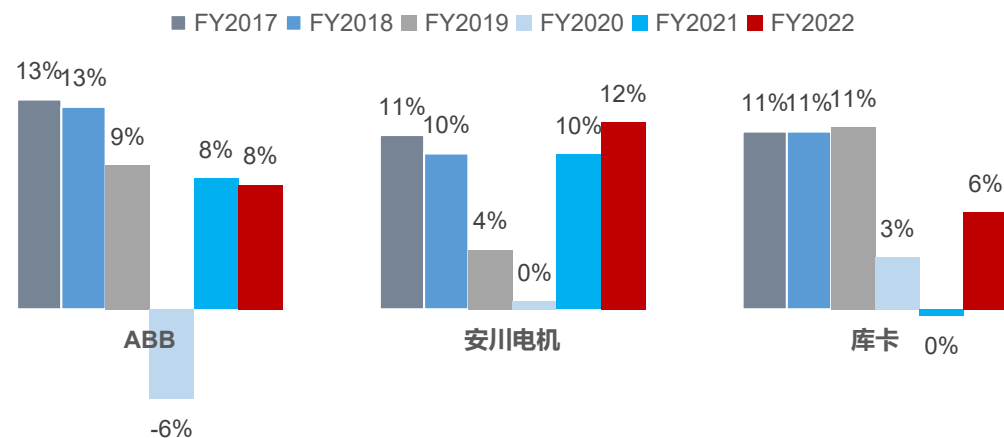
资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理 注：发那科未披露机器人业务的经营利润率，本报告选取公司年度综合经营利润率。

图14：海外主要工业机器人企业历史营收（亿美元）



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图15：海外主要工业机器人企业历史营业利润率（%）



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

- 海外工业机器人“四大家族”的机器人业务在2022年合计收入为86.76亿美元，相当于全球工业机器人市场规模的44%，依然占据主导地位。
- 最近三年行业呈现集中加强趋势，前两名ABB和发那科营收显著增长。尤其是发那科受益于中国制造市场的强劲需求。而安川电机和库卡表现在最近5年营收表现相对略显平稳，日本企业的那智不二越收入也保持稳定。
- 而在渗透率为10%的细分赛道协作机器人领域，海外机器人龙头优傲机器人2023年实现营业收入3.04亿美元，同比下降7%。
- 工业机器人“四大家族”的营业利润率相对稳定，多数年份在10-13%之间波动，2020-2021年受到疫情对供应链的扰动，利润率普遍出现下滑，但2022年以来已经明显恢复。

1

全球机器人产业发展现状

2

中国机器人产业发展趋势

3

人工智能与人形机器人

4

机器人产业链分析

5

机器人关键零部件

- 我国工业机器人产业发展历史可以主要分为三个阶段：

1970-1990年技术准备阶段

20世纪60年代末，全球工业机器人应用掀起一个高潮，1972年，中国科学院沈阳自动化研究所起草有关发展工业机器人的建议，至此，我国开始研制自己的工业机器人。此后的十几年，取得了一大批科研成果，缩短了我国与发达国家间的差距。

1990-2009 产业孕育阶段

20世纪90年代我国确定了特种机器人与工业机器人及应用并重的指导方针，到90年代末，国内初步建成9个机器人产业化基地和科研基地。21世纪初，国内一大批企业或自主研发或与科研院所合作，进入工业机器人研制和生产行列，我国工业机器人进入初步产业化阶段。

2009至今 产业形成阶段

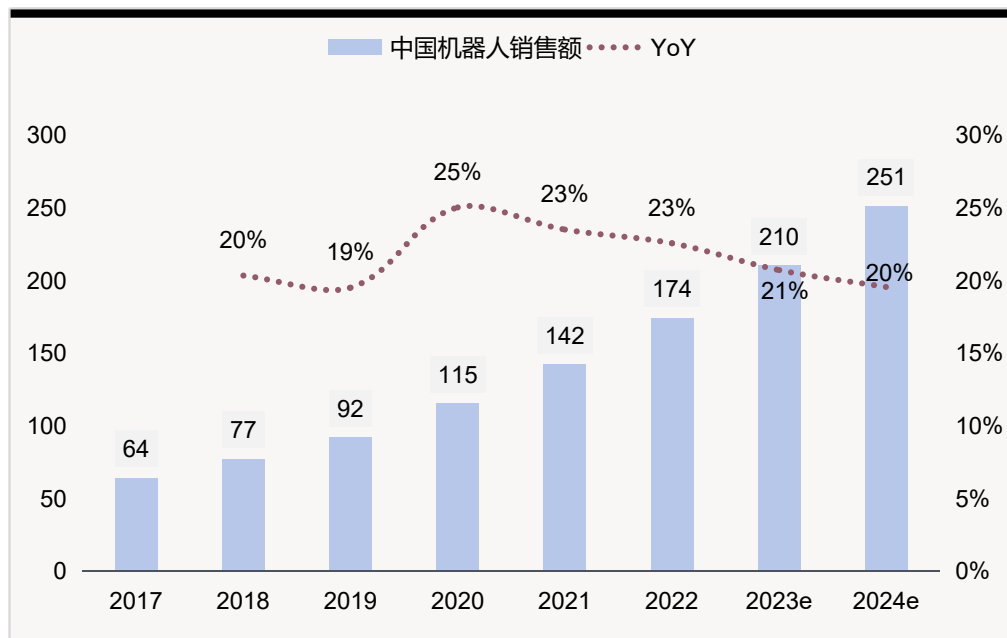
2009年金融危机过后，我国制造业的压力进一步上升，比较优势受到明显削弱。一是人工成本逐年提高，老龄化社会快速形成，一线产业工人减少趋势不可逆转；二是国内外竞争日益激烈，客户定制、柔性制造、成本效率的需求不断增加。外在动力则是一系列政策措施的推动。大力发展工业机器人产业已成为我国制造业转型升级的关键路径。

- 根据我国工业机器人发展路线图，未来将发展的**重点机器人产品和目标**包括：实现多关节工业机器人、并联机器人、移动机器人的本体开发及批量生产，使国产工业机器人在焊接、搬运、喷涂、加工、装配、检测和清洁生产等方面实现规模化集成应用。积极研发能够满足智能制造需求，特别是与小批量定制、个性化制造、柔性制造相适应的，可以完成动态、复杂作业使命，可以与人类协同作业的新一代工业机器人。
- 重点发展的**关键零部件**包括：减速器、控制器、伺服驱动器、专用伺服电机、传感器、末端执行器。

国内工业机器人发展现状

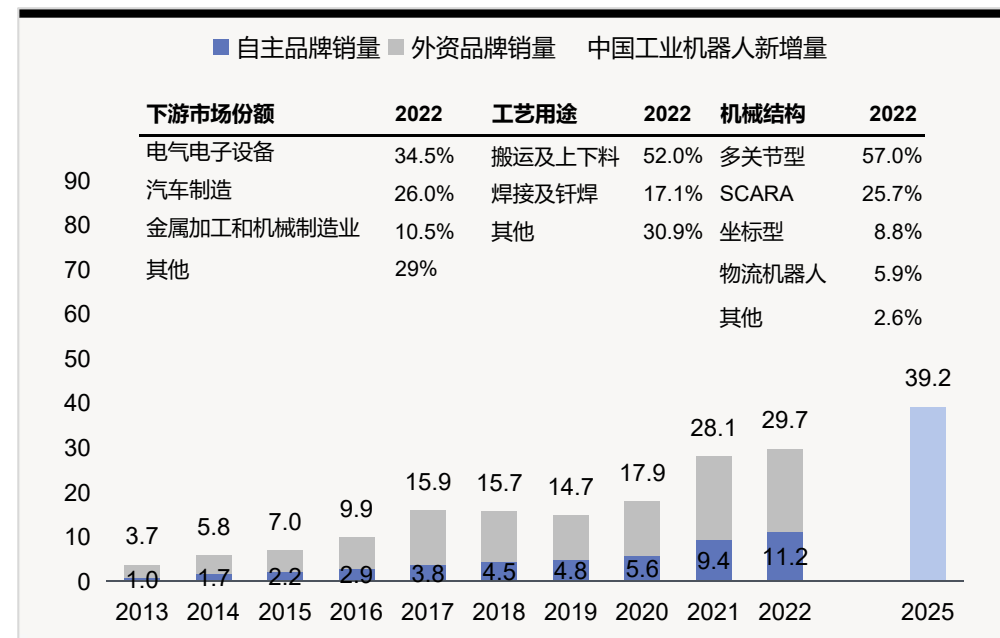
- 我国高度重视机器人科技和产业的发展，市场规模快速增长，产业逐步发展壮大。IFR估计2022年市场规模174亿美元，2017年以来的5年CAGR达到22%，同时预计2024年市场规模会进一步增长到251亿美元，保持20%以上的复合增速。
- 数据显示，受益于3C、光伏、锂电、汽车等高端制造业的蓬勃发展，2021-2022年我国工业机器人销量大幅提升，从2020年的不到18万台提升至2022年的28-30万台，其中三分之一的需求来自电气电子行业，26%来自汽车制造行业；同时单台价值量、操作自由度和可编程性能更高的多关节型机器人销售占比达到57%。根据 MIR 睿工业预测，2025 年国内工业机器人销量有望达39.2万台。

图16：中国机器人年销售额（亿美元）



资料来源：国际机器人联合会（IFR），中国电子学会，《中国机器人产业发展报告（2022年）》，国信证券经济研究所整理 注：2022年市场规模为预估数。

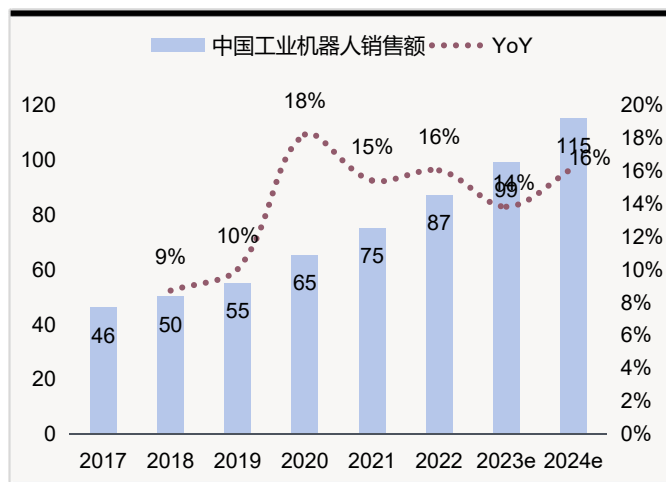
图17：我国工业机器人年销量（万台）



资料来源：国际机器人联合会（IFR），CRIA，中国电子学会，国信证券经济研究所整理 注：工艺用途的其他包括装配、涂胶、洁净等；机械结构的其他包括并联机器人和圆柱坐标机器人等。

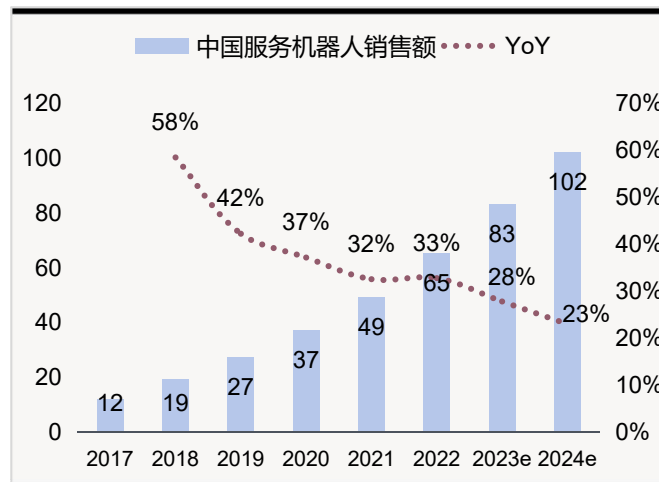
- **工业机器人**：除了汽车、3C电子等行业，工业机器人也逐步打开化工、石油应用市场，IFR统计测算2022年我国工业机器人市场规模达到87亿美元，并且在2023和2024年继续保持14-16%的旺盛增长趋势，在2024年达到115亿美元。
- **服务机器人**：我国人口众多，并且老龄化趋势加快，建筑和教育领域也具备旺盛的需求，服务机器人存在巨大的市场潜力和发展空间。IFR统计2022年中国服务机器人继续快速增长，规模达到65亿美元；中国电子学会展望到2024年随着新兴场景进一步拓展，中国服务机器人市场规模有望突破100亿美元，达到102亿美元。
- **特种机器人**：国内特种机器人市场保持较快发展，各类型产品在应对地震、洪涝灾害、极端天气、矿难、火灾、安防等公共安全事件中不断出现。2017年以来我国特种机器人市场也保持20-40%的高速增长，到2022年已经发展到22亿美元，预期到2024年还将进一步扩大至34亿美元。

图18：中国工业机器人年销售额（亿美元）



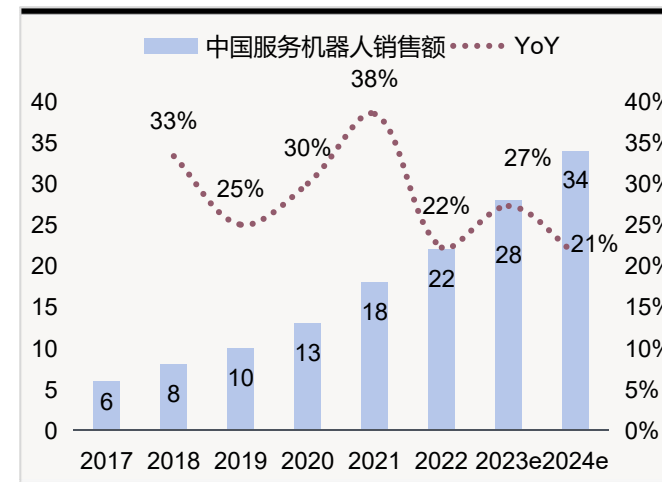
资料来源：国际机器人联合会 (IFR)，中国电子学会，中国机器人产业发展报告 (2022年)，国信证券经济研究所整理 注：2022年市场规模为预估数。

图19：中国服务机器人年销售额（亿美元）



资料来源：国际机器人联合会 (IFR)，中国电子学会，中国机器人产业发展报告 (2022年)，国信证券经济研究所整理 注：2022年市场规模为预估数。

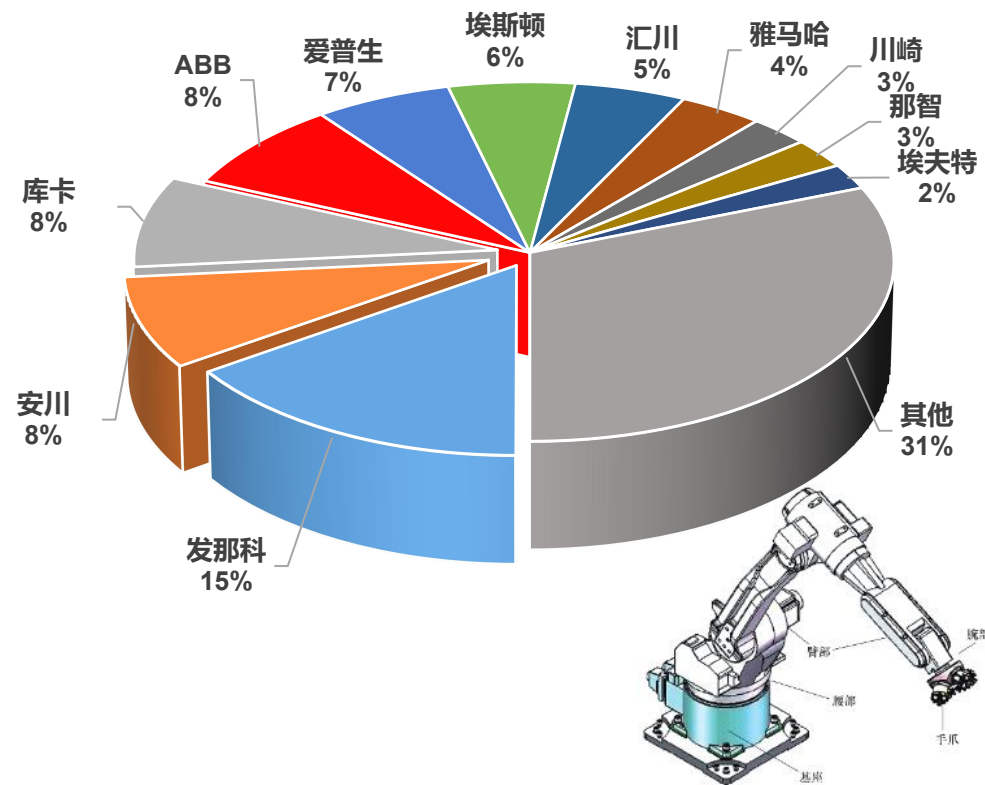
图20：中国特种机器人年销售额（亿美元）



资料来源：国际机器人联合会 (IFR)，中国电子学会，中国机器人产业发展报告 (2022年)，国信证券经济研究所整理 注：2022年市场规模为预估数。

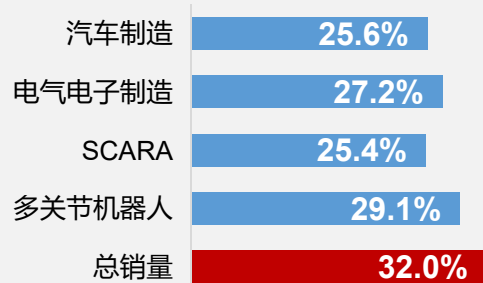
- 我国是全球最大的工业机器人市场，IFR 统计数据显示2022年我国工业机器人市场规模达到87亿美元（617亿元人民币），2022 年国内工业机器人出货量达 29.03 万台，占同期全球市场比重约 52.5%。
- 根据 MIR 睿工业统计数据，2022 年国内工业机器人市场主要被外资厂商所占据。市场份额排名前十的工业机器人厂商中，外资厂商有八家。其中海外四大家族占据约 40%的市场份额。在六轴工业机器人细分市场中，“四大家族”的竞争优势更为显著，市场占有率合计接近 60%，主要原因为六轴工业机器人的技术壁垒相对较高，四大家族先发优势明显，客户忠诚度较高。
- 近年来**埃斯顿**、**汇川技术**、**埃夫特**等国内工业机器人头部厂商产品持续迭代升级，凭借本地化供应链、服务响应优势和灵活的定价策略，市场份额也在不断提升。
- 我国目前仍处于制造业大国迈向制造业强国的过渡阶段，制造业工业机器人人均保有密度低于韩国、新加坡等国家，存在较大空间。在国家产业政策鼓励、工业自动化需求增长、机器人产品稳定性提升及降本优势的推动下，工业机器人行业有望保持快速增长趋势。MIR 睿工业预测，到 2025 年，国内工业机器人销量有望达 39.2 万台，2022-2025 年复合增长率达 11.55%。

图21：国内工业机器人市场份额（2022年）



资料来源：MIR睿工业，节卡股份招股说明书，国信证券经济研究所整理

图22：2021年我国工业机器人市场自主品牌占比



资料来源：中国机器人产业联盟、国际机器人联合会，中国机械工业联合会，国信证券经济研究所整理

国际品牌保持较高定价，海外市场毛利率可观

海外工业机器人公司在国内市场保持高定价，较国内企业售价拉开一定差距，同时国内代表性企业海外业务的毛利率，也明显高于国内业务，平均差距在3%-5%之间。

随着国内工业机器人厂商纷纷入局，核心部件、智能设备等关键技术攻关突破，埃斯顿、汇川技术、埃夫特等国内工业机器人厂商提升产品性能、扩大应用领域，在海外活跃程度不断提高，打开广阔的出口空间。

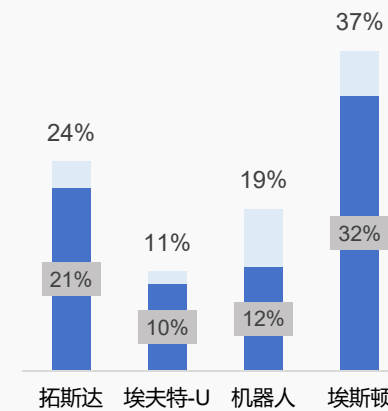
自主化率不断提高，但仍有提升空间

2021年我国工业机器人外资品牌依然占据主导地位，自主品牌份额为32%，同比增长0.2个百分点。在最大的下游领域电子和汽车制造行业，国产化率更低，分别为27%和25.6%。同时价值量更高的多关节机器人市场，国产化率为29%，低于平均水平，我国工业机器人国产替代和高端升级方面拥有充分空间。

海关统计数据显示2021年我国工业机器人出口总额为5.95亿美元，中国生产的机器人在海外市场份额约6%；同年进口总额22.02亿美元，进口产品市场份额29%。

图23：2022年我国工业机器人主要企业销售均价，国内与海外业务毛利率比较（蓝色为海外毛利率）

协作机器人 (万元/台)	2020	2021	2022
优傲			21.3
斗山	17.5	16.2	17.6
节卡股份出口	7.6	8.1	7.9
节卡股份协内销	6.5	6.1	5.8
工业机器人 (万元/台)			
进口产品	9.45	8.65	8.71
拓斯达	3.76	4.06	4.33
埃夫特	9.96	8.28	8.02
埃斯顿	5.9	6.1	6.5



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理 “机器人”公司国内毛利率选取主营业务占比较大的华东地区。

1

全球机器人产业发展现状

2

中国机器人产业发展趋势

3

人工智能与人形机器人

4

机器人产业链分析

5

机器人关键零部件

- 人工智能的正式提出是在1956年，从技术上而言，人工智能采用的方法可以初步划分为两类，一类是早期的符号方法，另一类是统计方法（支持向量机、人工神经网络、深度学习都可以归为这一类）。从20世纪90年代开始，**统计方法**开始盛行并取得了不少进展，包括支持向量机等机器学习方法，并广泛应用于语音识别、自然语言处理、计算机视觉、数据挖掘等领域。从2012年开始，深度学习方法在计算机视觉、语音识别方面取得较大的突破，在大规模数据集上任务的执行性能得到了大幅度提升，**也在机器人的研发方面起到重要的作用。**

图24：人工智能发展历史

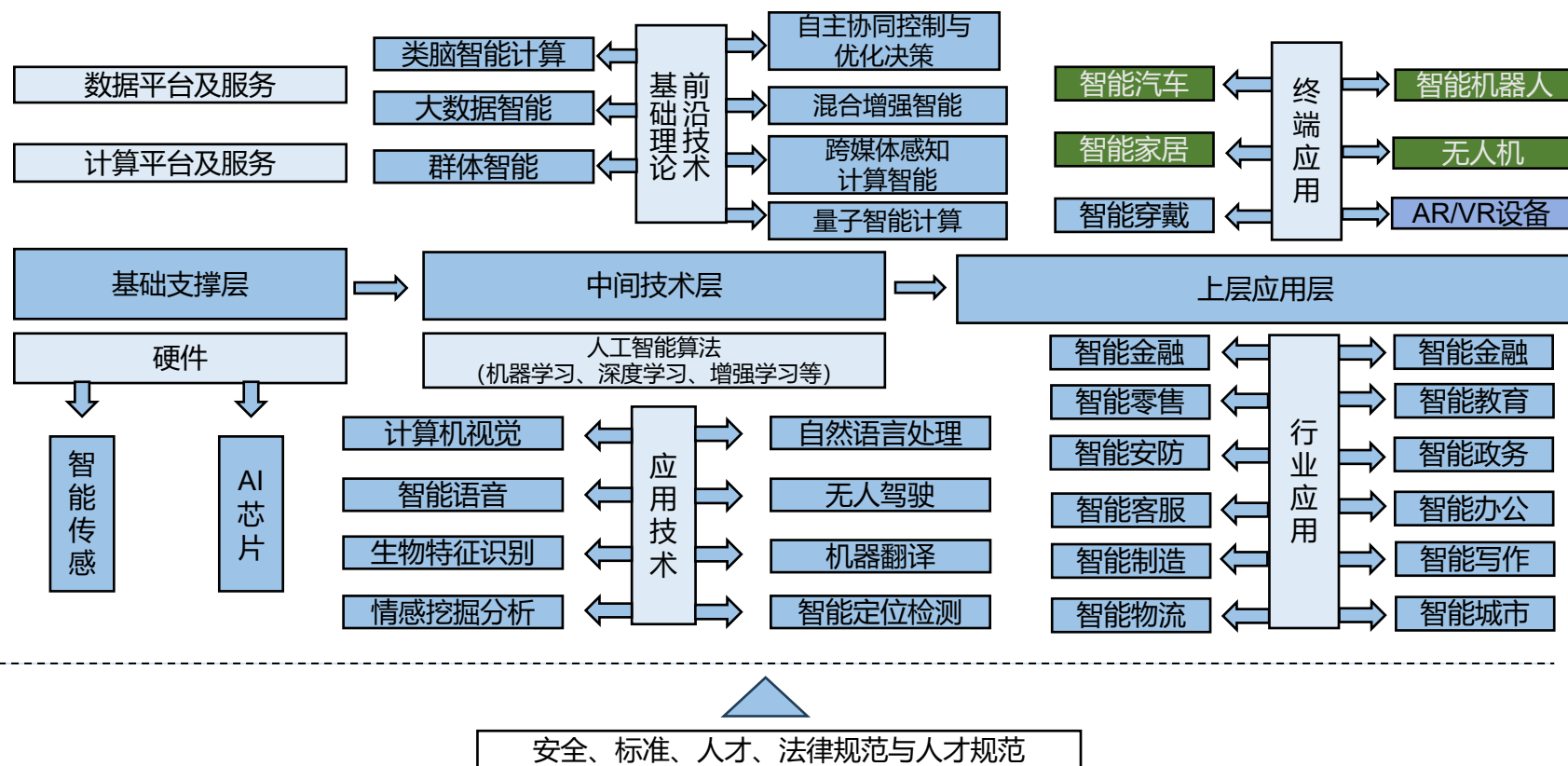


资料来源：《人工智能》，王东，利节，许莎，清华大学出版社，2019-10-01，国信证券经济研究所整理

新一代人工智能推动了人形机器人产业爆发

- 机器人产业的发展与人工智能技术密切相关，传统机器人主要用于特定单一应用场景，与人类常用工具和生活环境的衔接性、匹配性较差，功能也较为单一；随着人工智能算法和算力的快速发展，特别是Chat-GPT等多模态大模型的问世，为AI赋能人形机器人商业化爆发提供可行性。AI为人形机器人提供了“大脑”的思考能力，同时也能够优化“小脑”的运控协调能力，最终实现机器人更聪明、更高效、更灵活。人形机器人具有较强的场景通用性，可以从事各类复杂任务，并具有自主决策能力，实现“具身智能”；“人形”设计可以实现与现有工具的良好匹配，大幅提高与人类的互动友好性。

图25：新一代人工智能产业链



资料来源：国家工业信息安全发展研究中心，大疆，天太机器人，国信证券经济研究所整理

人形机器人发展历史

- 根据CMR人形机器人专委会的观察，在技术发展方面，国外人形机器人产业技术相对成熟，拥有较为完善的研发体系和技术积累。美国、日本等国家的企业和研究机构在人工智能、感知技术、机械设计等领域具有较高水平。而中国的人形机器人技术发展起步较晚，但近年来在人工智能、语音识别、人机交互等技术方面取得了快速进步。
- 目前我国的人形机器人技术在硬件上已接近国际先进水平，但在操作系统、人工智能等“软”实力方面仍存在短板弱项。国外人工智能技术快速发展，以ChatGPT为代表的语言大模型为人形机器人研发注入了新动力，通过多模态技术，机器人可以实现更加精确高效的动作控制，提升智能化水平，有望进一步实现商业化落地；而我国自2022年下半年以来涌现了一批具有自主知识产权的人形机器人企业及产品，在运动能力、感知能力和决策能力上都得到了大幅提升。

表2：海外人形机器人发展历史

发展时期	发展特点	代表产品
1972年-2000年	人形机器人实现了关节驱动，能够根据指令完成特定工作，有一定智力水平	WABOT 1、Wabot 2—早稻田大学 Cog—麻省理工学院
2000年-2013年	人形机器人的运行功能逐步完善，并实现能够替代人类完成重力作业的功能	ASIMO—本田 Nao—软银机器人 Petman—波士顿动力
2013年-2022年	人形机器人实现高动态运动，具备更高的环境感知能力、决策能力、学习能力以及运动控制能力	Atlas—波士顿动力 TALOS—PAL Robotics GITAI G1—GITAI
2022年至今	人工智能技术快速发展，感知技术、自主决策、自主导航、协作能力等大幅提升	Neo—1X Optimus 2—特斯拉 Apollo—Appttronik

资料来源：CMR人形机器人专委会，国信证券经济研究所整理

表3：我国人形机器人发展历史

发展时期	发展特点	代表产品
2000年-2016年	探索人形机器人结构及运动技术，实现简单行走和平衡控制，有一定智力水平	先行者—国防科技大学 Blackman—国防科技大学 BHR 5—北京理工大学
2016年-2022年	提升人形机器人的智能化水平，实现较为复杂的运动和交互功能	Walker X—优必选 优悠—优必选 ARTrobot—钢铁侠科技
2022年至今	实现高动态运动，人工智能快速发展，感知技术、自主决策、自主导航、协作能力等大幅提升	GR-1—傅利叶智能 H1—宇树 Walker S—优必选

资料来源：CMR人形机器人专委会，国信证券经济研究所整理

- 人形机器人作为重要的新兴产业，各国政府都在积极出台相关政策和措施。

表4：近三年国外部分人形机器人相关政策/计划

时间	国家/地区	政策/计划	主要内容
2021年	美国	美国国家机器人计划(NRI)	寻求对集成机器人系统的研究，并以之前的NRI项目为基础。旨在推动机器人技术的研究与开发，并鼓励人形机器人的创新与应用。
2021年	德国	2025高科技战略(HTS)	到2026年，德国政府每年将提供约6900万美国的资金。该计划旨在利用整个社会和工作领域的技术变革造福于人们。
2021年	欧盟	欧洲地平线(Horizon Europe)计划	预算为943亿美元，为期七年(2021年至2027年)。加强欧盟的科技基础，提升欧洲的创新能力和竞争力和就业机会，以及实现公民的优先事项并维持社会经济模式和价值观。
2022年	韩国	第三次智能机器人基本计划	推动将机器人技术发展为第四次工业革命的核心产业。为“智能机器人2022年实施计划”拨款1.722亿美元。
2022年	日本	新机器人战略	旨在使该国成为世界第一的机器人创新中心。提供了超过9.305亿美元的支持。重点领域是制造业、护理和医疗、基础设施和农业。
2023年	美国	国家人工智能研发战略计划	使美国在人工智能领域保持世界领先地位。促进联邦机器学习方法；增强人工智能系统的感知能力；开发功能更强大、更可靠的机器人等。

资料来源：CMR人形机器人专委会，国信证券经济研究所整理

表5：近三年我国部分人形机器人相关政策/计划

时间	相关部门	政策/计划	主要内容
2021年	工信部、国家卫生健康委	健康养老产业发展行动计划	推进物联网、大数据、云计算、人工智能、区块链等新一代信息技术以及移动终端、可穿戴设备、服务机器人等智能设备在居家、社区、机构等养老场景集成应用。
2021年	工业和信息化部	“十四五”机器人产业发展规划	到2025年，机器人产业营业收入年均增速超过20%；形成一批具有国际竞争力的领军企业及一大批创新能力强、成长性好的专精特新“小巨人”企业，建成3-5个有国际影响力的产业集群；制造业机器人密度实现翻番。
2023年	工业和信息化部、教育部等十七部门	第三次智能机器人基本计划	聚焦10大应用重点领域，突破100种以上机器人创新应用技术及解决方案，推广200个以上具有较高技术水平、创新应用模式和显著应用成效的机器人典型应用场景。
2023年	北京市人民政府办公厅	北京市机器人产业创新发展行动方案(2023—2025年)	加紧布局人形机器人，对标国际领先人形机器人产品，支持企业和高校院所开展人形机器人整机产品、关键零部件攻关和工程化，加快建设北京市人形机器人产业创新中心，争创国家制造业创新中心。
2023年	工业和信息化部	人形机器人创新发展指导意见	打造人形机器人“大脑”和“小脑”、突破“肢体”关键技术、健全技术创新体系。打造整机产品、夯实基础部件、推动软件创新。服务特种领域需求、打造制造业典型场景、加快民生及重点行业推广等。

资料来源：CMR人形机器人专委会，国信证券经济研究所整理

- 机器人的结构包括**机械系统**、**控制系统**、**驱动系统**和**感知系统**四大部分。

机械系统 >

机械系统的作用相当于人的身体（如骨骼、手、臂和腿等）。械系统包括机身、臂部、手腕和末端操作器等部件，每个部件都有若干自由度，从而构成了一个多自由度的机械系统。此外，有的机器人还具备行走机构或腰转机构。



驱动系统 >

驱动系统的作用相当于人的肌肉，用于驱动机械系统动作。根据驱动源的不同，可分为电气、液压和气压三种驱动系统，以及这三种驱动系统构成的综合驱动系统。

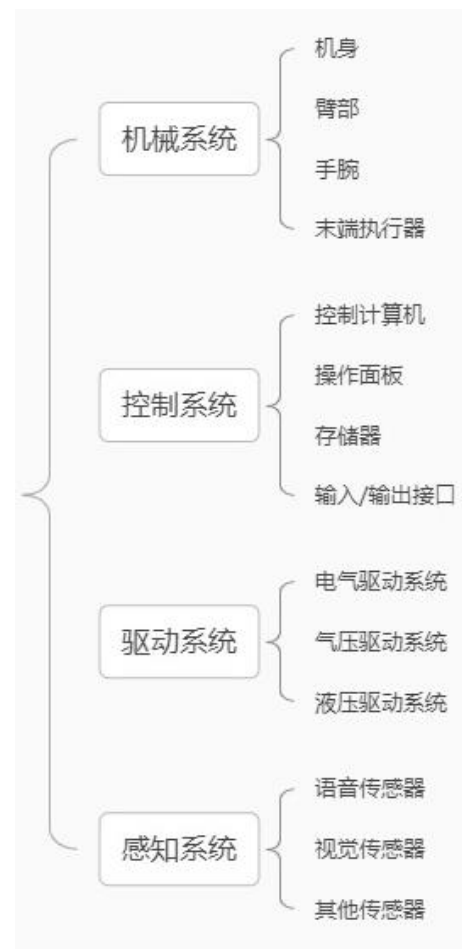
< 控制系统

控制系统相当于人的大脑，由计算机硬件和控制软件组成，控制软件主要由人与机器人进行联系的人机交互系统和控制算法组成。控制器根据作业程序，以及从传感器反馈回来的信息来控制机器人的执行机构，使机器人完成规定作业。

< 感知系统

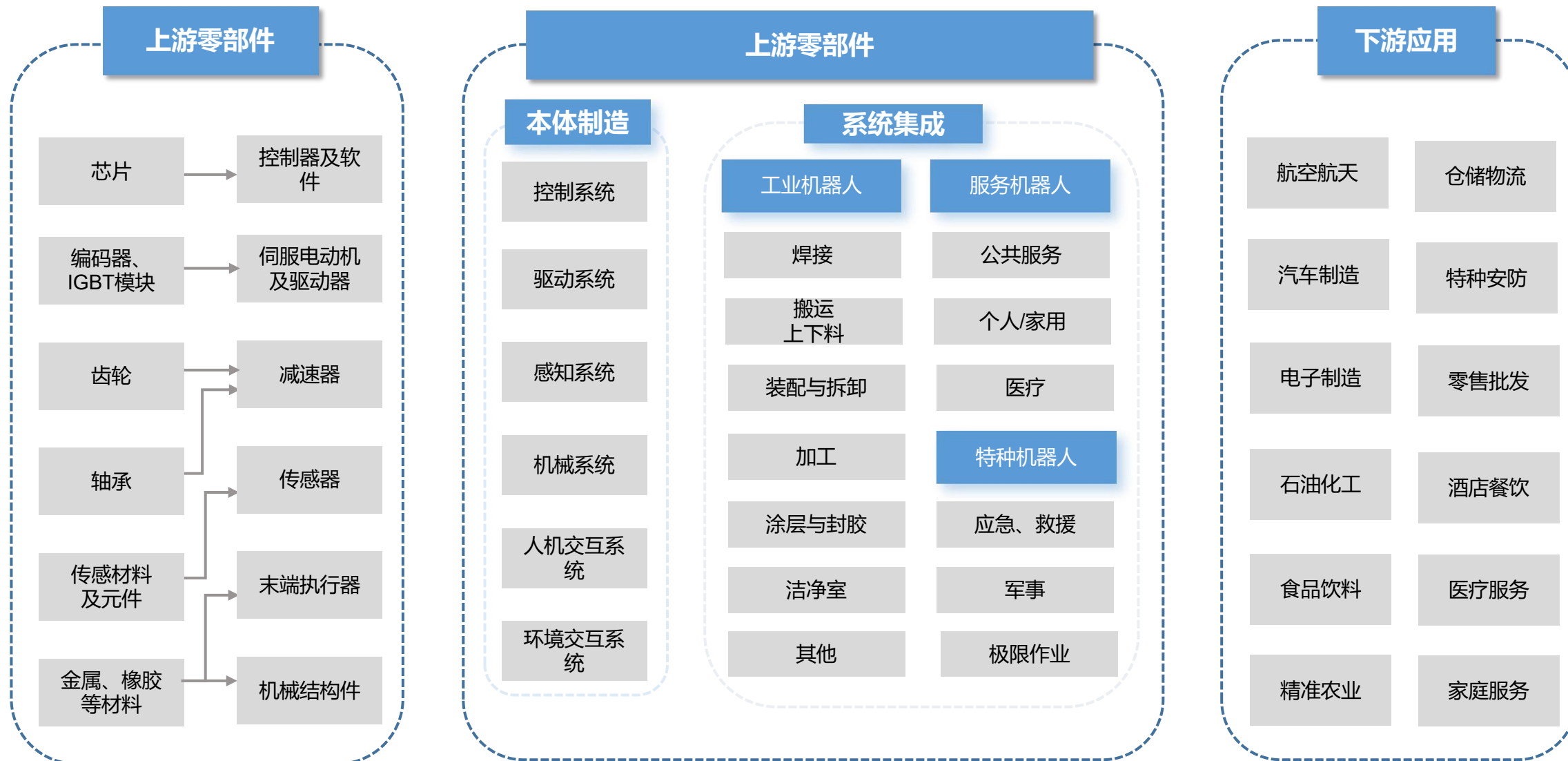
感知系统的作用相当于人的五官，主要由各种传感器组成，这些传感器可分为内部传感器和外部传感器。感知系统的作用是获取机器人的内部信息和外部环境信息，并把这些信息反馈给控制系统。

图26：机器人的结构



资料来源：发那科公司官网，《人工智能·智能机器人》作者：陆建峰等，电子工业出版社，出版时间：2020年6月，国信证券经济研究所整理

图27：机器人产业链



资料来源：中国机器人产业联盟（CRIA），国信证券经济研究所整理

工业机器人产业链-主要企业

表6：工业机器人产业链

类别	关键零部件			工业机器人	
	减速器	控制系统	伺服电动机	机器人本体	系统集成
国内公司	绿的谐波 双环传动 秦川机床 武汉精华 上海力克 恒丰泰 中大力德	新松公司 (机器人) 广州数控 埃斯顿 固高科技 新时达 华数机器人	新松公司 埃夫特 汇川技术 华中数控 英威腾 翡叶动力	新松公司 埃夫特 广州数控 埃斯顿 广州启帆 新时达 华数机器人 常州铭赛 节卡股份	新松公司 埃夫特 广州数控 埃斯顿 华恒焊接 巨一自动化 唐山开元 长沙长泰 哈博实 广州瑞松 明珞装备
海外公司	哈默纳科 纳博特斯克 住友 Spinea 赛劲	ABB 发那科 安川电机 库卡 松下 倍福 三菱 贝加莱	伦茨 博世力士乐 安川电机 松下 三菱 多摩川 三洋 西门子	ABB 发那科 安川 库卡 欧地希 松下 川崎重工 那智不二越 现代 徠斯 爱德普 优傲	ABB 发那科 安川 库卡 柯马 杜尔 徠斯 克鲁斯 德玛泰克 埃森曼 爱德普 IGM 优傲

资料来源：中国机器人产业联盟（CRIA），国信证券经济研究所整理 注：不完全统计

人形机器人产业链-主要企业

表7：人形机器人产业链

类别	关键零部件 (部分)								机器人本体
	减速器	控制器	传感器	伺服系统	人工智能&算法	滚珠丝杠	电机	执行器	机器人本体
国内公司	绿的谐波 双环传动 来福谐波 中大力德 南通振康 珠海飞马 智同科技	埃斯顿 华中数控 新时达 汇川技术 固高科技 英威腾 卡诺普	汉威科技 华工科技 四方光电 南华仪器 昊志机电 敏芯股份 芯动联科 柯力传感	汇川技术 埃斯顿 台达 禾川科技 步科 森创 伟创电气	科大讯飞 商汤科技 云从科技 寒武纪	贝斯特 五洲新春	鸣志电器 江苏雷利	三花智控 拓扑集团 绿的谐波	优必选 达闼 傅利叶 小米 追觅 智元 宇树 小鹏 科大讯飞 乐聚 帕西尼感知 逐际动力 钢铁侠科技 开普勒 洛必德 天太机器人
海外公司	哈莫纳科 新宝 纳博特斯克 住友	ABB KUKA 发那科 KEBA 贝加莱 倍福 安川	施耐德 KOWA Navitar 康耐视 基恩士 海克斯康 DWFritz ATI JR3	安川电机 三菱 三洋 欧姆龙 松下 西门子 博世力士乐 施耐德	英伟达 谷歌 微软 IBM 亚马逊 Open AI	舍弗勒 斯凯孚 Rollvis GSA Ewellix 博世力士乐	Maxon Faulhaber 科尔摩根	KAT	波士顿动力 (美) 特斯拉 (美) Agility (美) 软银机器人 (日) 1X (挪威) Figure Engineered Arts PAL Robotics Apptronic

资料来源：CMR人形机器人分委会，易玉琴，国信证券经济研究所整理 注：不完全统计

1

全球机器人产业发展现状

2

中国机器人产业发展趋势

3

人工智能与人形机器人

4

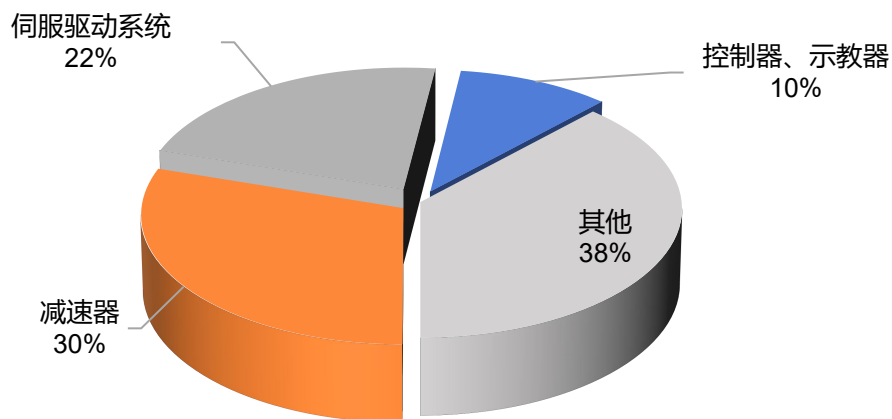
机器人产业链分析

5

机器人关键零部件

- **工业机器人：**减速器、控制器、伺服电动机及驱动器等关键零部件占工业机器人整体生产成本的60%，直接决定了工业机器人整机的性能及可靠性。随着我国机器人产业化进程的加快，推动高精度减速器、机器人用伺服电动机、高性能控制器、传感器等关键部件的研制及产业化，同时对高档数控机床、自动化控制设备等领域也有很强的带动作用。

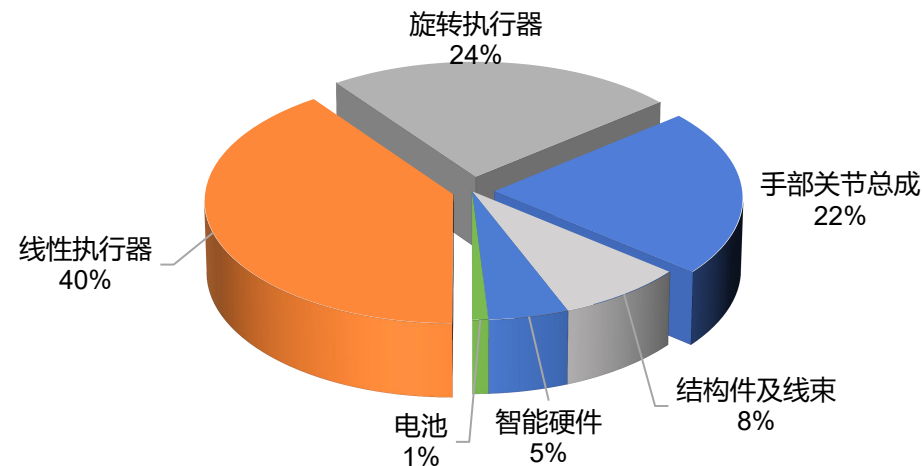
图28：我国工业机器人成本构成



资料来源：中国机器人产业联盟（CRIA），国信证券经济研究所整理

- **人形机器人：**人形机器人与工业机器人、新能源汽车等产业共享的部分供应链，如电池、芯片、传感器、控制器等，可以实现供应链的协同迁移。国外人形机器人产业链在技术研发、供应链完善度和市场推广方面相对成熟和领先，核心零部件制造商可分为日系和欧美系两大主要阵营。日系阵营更加侧重于电机、传感器和减速器等方面的零部件，欧美系阵营在控制系统和人工智能处理器等方面具有极大竞争优势。

图29：人形机器人成本构成（以特斯Optimus 拉为原型估算）



资料来源：特斯拉、鸣志电器、步科股份、京东、淘宝、智研咨询、前瞻产业研究院、机械工业信息研究院、CMR人形机器人分委会，国信证券经济研究所整理并估算

减速器

减速器是连接工业机器人驱动电动机和连杆运动部件的中间装置，把电动机的高运转速度降低到适合的工作速度，并传递更大的转矩，是机器人关节精度的决定性因素。RV减速器和谐波减速器是最常用，高精度减速器是目前我国工业机器人关键零部件中最薄弱的环节，轻量、小型、传动效率高、减速范围广、精度高等。

伺服驱动系统

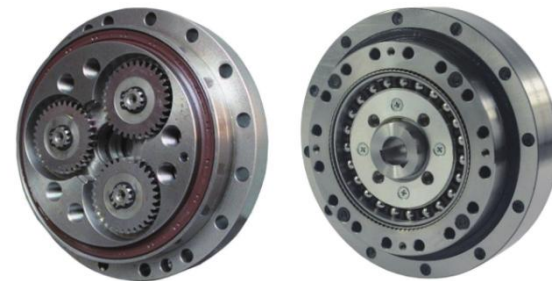
伺服驱动系统（包括伺服电动机及伺服驱动器）是工业机器人的核心部件，对机器人的速度、精度、稳定性、可靠性等指标都有直接的影响。驱动器用来控制伺服电动机，一般通过位置、速度和力矩三种方式对伺服电动机进行控制，实现高精度的传动系统定位，是传动技术的高端产品。全球伺服系统格局由欧系和日系企业主导。欧系电动机及驱动部件过载能力强，动态响应好，但是价格昂贵，体积重量较大；日系价格相对较低，体积小，重量轻，但是动态响应能力相对弱，开放性较差。

控制器

机器人控制器针对机器人的特点定制人机界面（HMI），设计机器人的运动控制算法。控制器是机器人的大脑，它根据指令以及传感信息控制机器人完成一定的动作，其主要任务是控制机器人在工作空间中的运动位置、姿态和轨迹，操作顺序及动作时间等。国外机器人用控制器的生产厂商分专业厂商和主流机器人厂商两大类，我国控制器产品较为成熟，软硬件平台与国外差距相对较小。

图30：机器人关键零部件示例

RV减速器适合大载荷、高刚度场景



谐波减速器传动比大、轻量、小型、传动效率高、减速范围广、精度高等特点

伺服驱动系统



控制器

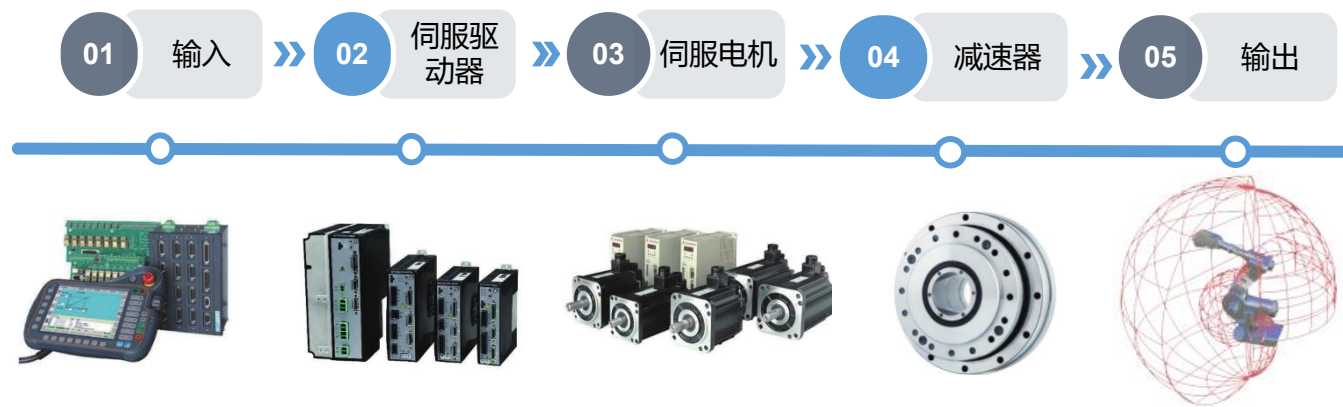


资料来源：中国机器人产业联盟（CRIA），中国战略性新兴产业研究与发展——工业机器人（国家出版基金项目）作者：宋晓刚出版社：机械工业出版社，2020-09-01，国信证券经济研究所整理

伺服系统：高精度的运动控制系统

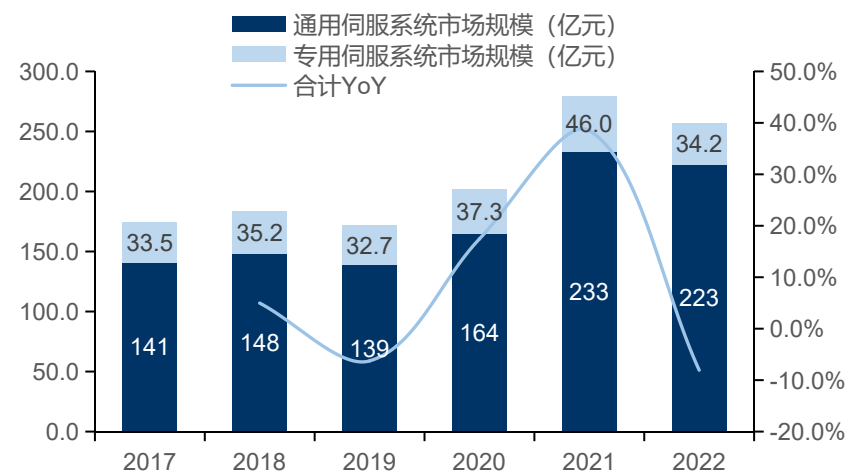
- **伺服系统：**以位置、速度、转矩为控制量组成的能够动态跟踪目标任意位置变化的自动化控制系统。伺服系统主要由：**伺服驱动器（指令装置）、编码器（反馈装置）、伺服电机**（又称控制电机）三个部分组成，编码器通常嵌入于伺服电机。伺服系统由伺服驱动器发出信号给伺服电机驱动其转动，同时编码器将伺服电机的运动参数反馈给伺服驱动器，伺服驱动器再对信号进行汇总、分析、修正。
- **根据控制方式不同，控制电机可以分为伺服电机、步进电机等。**伺服电机的精度高、响应速度快、综合性能优异，但整体价格较高。
- **伺服系统可分为通用伺服系统和专用伺服系统，**其中通用伺服下游应用领域较广，包括包装、物流、3C 电子、锂电池、机器人、木工、激光等，专用伺服下游应用领域包括风力发电、矿山机械、缆车索道、电梯等。**2022年国内伺服系统市场规模达到256.8亿元，同比-8%；其中通用伺服系统市场规模为222.6亿元、专用伺服系统市场规模为34.2亿元。**

图31：工业机器人驱动与传统系统



资料来源：中国机器人产业联盟（CRIA），节卡股份，国信证券经济研究所整理

图32：国内伺服系统市场规模（亿元）

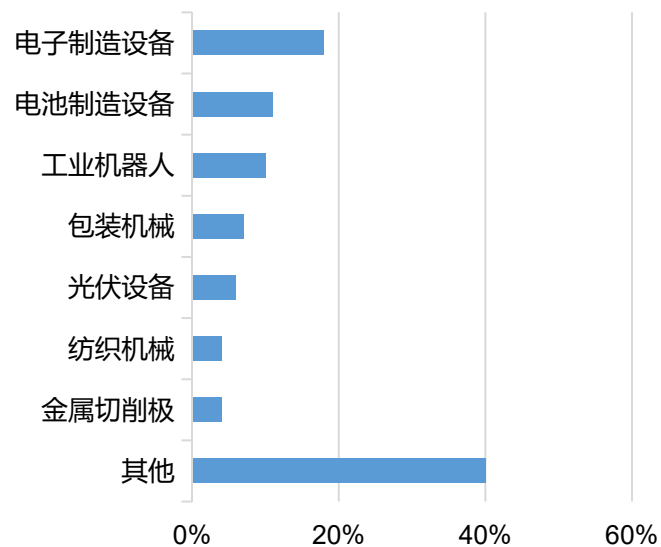


资料来源：MIR 睿工业，国信证券经济研究所整理

国内企业在伺服系统市场份额持续提升

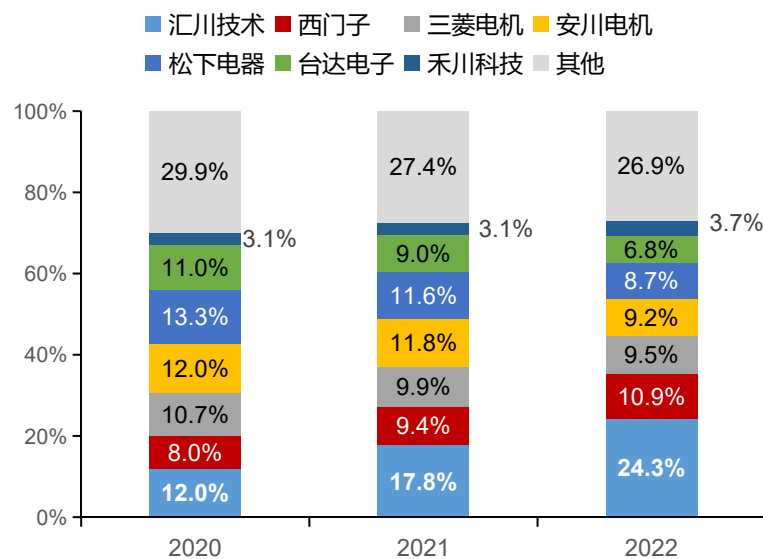
- 机器人的关节驱动离不开伺服系统，关节越多，机器人的柔性和精准度越高，所要使用的伺服电动机的数量就越多。机器人对伺服系统的要求是必须满足快速响应、起动转矩高、动转矩惯量大和调速范围宽，适应机器人的形体需要体积小、重量轻和加减速运行等，且需要高可靠性和稳定性。
- 工业机器人每个关节处大多会配备一个伺服电机（系统），如六轴关节机器人配备了六个伺服电机；而特斯拉人形机器人拥有40个关节，对于伺服电机需求明显增加。根据MIR 睿工业数据，2021年通用伺服系统在工业机器人领域市场规模约为24.8亿元，占通用伺服系统市场总规模的10%左右。
- **竞争格局来看，汇川技术等国内企业份额在持续提升。**国内伺服企业虽然起步较晚，但近年来凭借高性价比、客户响应及时以及产品质量持续优化等优势实现了对中低端伺服系统市场的海外份额替代。2022年汇川技术在国内通用伺服系统市场份额第一、市占率超24%。

图33：2021年国内伺服系统下游应用行业



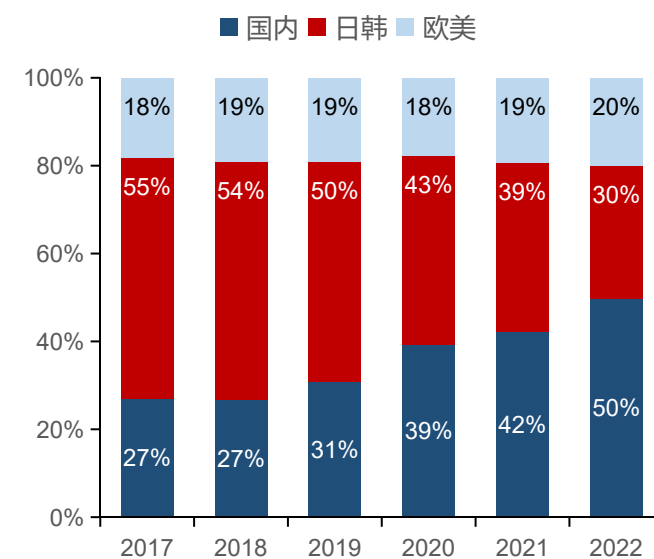
资料来源：MIR 睿工业，国信证券经济研究所整理

图34：国内通用伺服系统行业竞争格局



资料来源：中国工控网，伟创电气公告，国信证券经济研究所整理

图35：国内伺服系统行业国产化情况



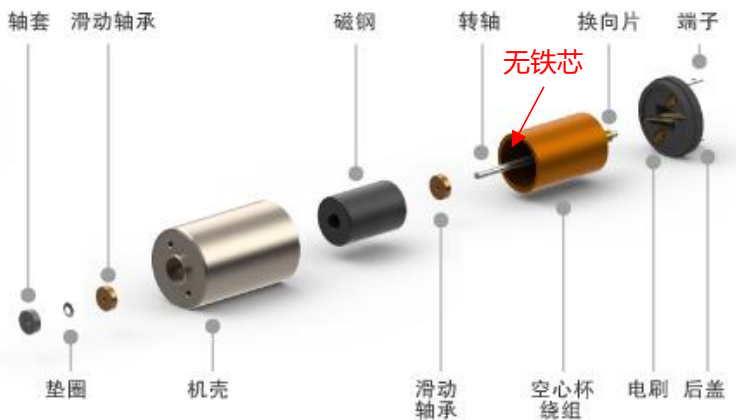
资料来源：中国工控网，伟创电气公告，国信证券经济研究所整理

- 拖动电机依据电磁感应定律实现电能转换或传递，按照用途可以分为**控制电机**和**非控制电机**，二者各项指标侧重不同。**非控制电机**侧重电机在启动和运行过程中的力能指标，能够输出较大功率；**控制电机**侧重电机输出量的幅频特性、相频特性及输出特性的精度、灵敏度、稳定性、线性度等指标，主要应用于精确的转速、位置控制上。**控制电机又分为伺服电机、步进电机等。**
- **伺服电动机**也叫执行电动机，它的工作状态受控于信号，按信号的指令而动作：信号为零时，转子处于静止状态；有信号输入，转子立即旋转；除去信号，转子能迅速制动，很快停转。伺服电动机是工业机器人的动力系统，一般安装在机器人的“关节”处，是机器人运动的“心脏”，其功能是将电信号转换成转轴的角位移或角速度。
- **伺服**二字正是由于电动机的这种工作特点而命名的。为了达到自动控制系统的要求，伺服电机具有以下优点：高可控性（是指信号去除后，伺服电动机能迅速制动，很快达到静止状态）；高稳定性（是指转子的转速平稳变化）；高灵敏性（是指伺服电动机对控制信号能快速做出反应）。
- 伺服电动机按照供电电源是直流还是交流可分为**直流伺服电动机**和**交流伺服电动机**两大类。其中直流伺服电机中常用于机器人领域的包括：1、盘形电枢直流伺服电机，2、**空心杯形直流伺服电机**这两种细分品类。**交流伺服电动机也在工业机器人中广泛应用。**
- **盘形电枢直流伺服电动机**多用于低转速、经常启动和反转的机械中，其输出功率一般在几瓦到几千瓦的范围内，大功率的盘形电枢直流伺服电动机主要用于雷达天线的驱动、机器人的驱动和数控机床等。另外，由于它呈扁圆形，轴向占的位置小，安装方便。
- **空心杯形直流伺服电动机**价格比较昂贵，多用于高精度的仪器设备中。如监控摄像机和精密机床等，也是未来人形机器人灵巧手的核心零部件。

空心杯电机：体积小、精度高

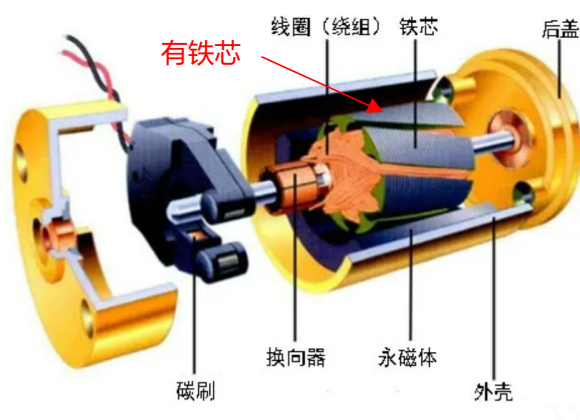
- **空心杯电机是直流伺服电机的一种**，其结构上突破了传统电机的转子结构、采用了无铁芯的转子。这种新颖的转子结构彻底消除了因铁芯形成涡流而造成的电能损耗。同时空心杯电机重量和转动惯量大幅降低，从而减少转子自身的机械能损耗。**空心杯电机具有高功率密度、高精度、高集成度等优势。**
- **空心杯电机是微特电机中的高端产品**，其主要应用于：医疗器械、随动系统（导弹、工业自动化等）、机器人、飞行器、仪器仪表等领域。在人形机器人领域，精巧且稳定的空心杯电机有望成为灵巧手的核心部件（如特斯拉机器人两个灵巧手共需要12个空心杯电机）。
- **空心杯电机分为有刷空心杯电机和无刷空心杯电机**。有刷电机转子无铁芯，定子是永磁铁；无刷电机定子无铁芯，转子是永磁铁或磁钢。有刷空心杯电机利用碳刷（或金属电刷）和换向器配合进行换向，无刷空心杯电机的线圈直接连接到控制器，通过霍尔反馈的位置信号进行换向。有刷空心杯电机寿命有限（2000h）、转速受限、无铁损、控制简单，无刷空心杯电机寿命长（20000h）、转速高、有铁损、需要驱动控制。
- **空心杯电机生产核心难点在于绕线**。国外企业主要采用一次性绕制成型的生产技术，国内企业主要采用绕卷式生产，我国在技术、工艺方面的积累较为薄弱，与海外存在差距。此外，空心杯电机在测试和转子成型方面也存在一定难度。

图36：有刷空心杯电机结构图



资料来源：鸣志电器官网，国信证券经济研究所整理

图37：传统直流有刷电机结构图



资料来源：鸣志电器官网，国信证券经济研究所整理

表8：空心杯电机优势

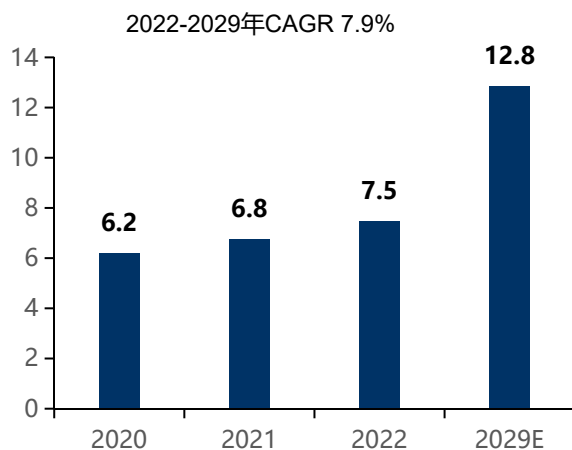
特点	优势
无齿槽效应	低速运行平稳 低振动、低噪音 转子可控制在任意位置
结构紧凑	磁路设计更优 体积小、功率密度更高 磁路短，铁芯和铜芯损耗较小，具有较高的能量转化效率
低电感	高动态响应 高加速度

资料来源：鸣志电器官网，国信证券经济研究所整理

空心杯电机市场广阔，目前仍由海外企业领跑

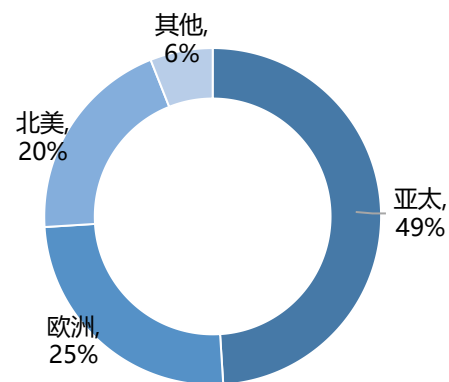
- **2022-2029年全球市场空间CAGR为8%，亚太地区占据需求半壁江山。**根据QY Research数据，2022年全球空心杯电机市场规模达到7.5亿美元（折合人民币约50.3亿元），同比+11%。预计到2029年增长为12.84亿美元，22-29年CAGR为7.9%。从需求分布看，2022年亚太地区、欧洲、北美占比分别为49%、25%和20%。
- **海外企业领跑空心杯电机市场。**海外企业在空心杯电机市场布局早、产品齐全、且在绕组工艺积累以及绕线设备领域布局完善，故而仍领跑行业。根据QY Research数据，2022年德国Faulhaber（空心杯电机发明者）、瑞士Portescap、美国Allied Motion Technologies、瑞士Maxon Motor及日本NideCopal Corporation五家企业合计拥有67%的全球市场份额。近年来，国内企业包括鸣志电器、江苏雷利、鼎智科技、伟创电气等企业加速追赶，未来有望依托高性价比实现份额的持续提升。

图38：全球空心杯电机市场规模（亿美元）



资料来源：QY Research，国信证券经济研究所整理

图39：2022年全球空心杯电机市场规模分布（%）



资料来源：QY Research，国信证券经济研究所整理

表9：国内外空心杯电机厂商概况

公司名称	成立时间	所属国家	主要产品	技术特点	应用场景
Falhaber	1947	德国	产品系列主要包括有刷、无刷空心杯电机	采用自承式斜绕铜线圈，降低转子惯性矩的同时为驱动设备提供了强大的动力支持，同时进行高精度运行。最小直径6mm，最高转矩224mNm。	航空航天、工业自动化、医疗、计量和测试、机器人等
MAXON	1961	瑞士	产品系列主要包括直流有刷空心杯电机；直流无刷空心杯电机。	结构紧凑、高性能、低惯性的特点，由于惯量较小，DC电机可达到很高的加速度。有刷最小直径为6mm，无刷最小直径为4mm，最高转矩大于1000mNm	医疗技术、工业自动化、安防技术、检测技术、通讯、汽车工业、生活消费品、航空航天
Portescap	1931	美国	产品包括有刷、无刷空心杯电机	有刷最小直径12mm，无刷最小直径8mm，有刷最大转矩225mNm，无刷最大转矩225mNm	航空航天国防、自动化、工业电动工具、医疗输液系统、医疗设备、机器人、手术电动工具等
鸣志电器	1994	中国	产品包括无刷无齿槽电机	采用了具有自主专利技术，高转矩、高扭矩、低噪音，有刷最小直径8mm，无刷最小直径13mm，有刷最大转矩223.4mNm，无刷最大转矩1680mNm	工业机器人、各类飞行器（包括航空、航天、航模等）、光学仪器、医疗设备、机器人等
鼎智科技	2008	中国	产品包括10mm-42mm等7个尺寸的空心杯电机	最小直径10mm，最大转矩180mNm	实验室自动化、移动设备、工厂自动化、3D打印机、机器人等
拓邦股份	1996	中国	产品包括有刷空心杯电机、无刷空心杯电机	有刷最小直径16mm，无刷最小直径12mm，有刷最大转矩186.2mNm，无刷最大转矩1208mNm	各类工具、汽车部品、精密医疗、智能运输、家居生活、工业自动化

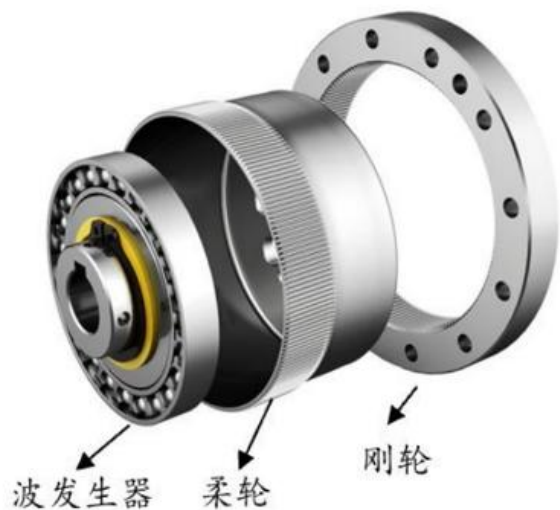
资料来源：各公司官网，国信证券经济研究所整理

减速器：机器人运动关节核心硬件

减速器分为精密减速器和传动减速器，谐波减速器、RV减速器、行星齿轮减速器均属于精密减速器，精度较高。

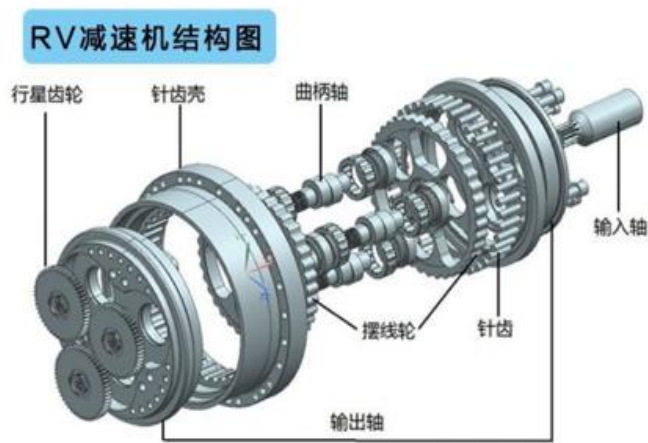
- **谐波减速器**：当输入轴旋转时，柔性齿轮会产生弹性变形，从而产生谐波振动，这种振动会通过柔性齿轮传递到输出轴，从而实现减速。它体积小巧，传动比为30-160，具有高传动比和高精密度，重量轻，承载能力较大。
- **RV减速器**：由一个行星齿轮减速机的前级和一个摆线针轮减速机的后级组成，传动比为30-192，具有强大的负载承受能力和高强度，寿命长，同时可以保持高精度。
- **行星齿轮减速器**：行星减速器传动轴上的齿数少的齿轮啮合输出轴上的大齿轮以达到减速的目的。它体积小，传动比为3-10，传动效率高，减速范围广，精度高，用途广泛。

图40：谐波减速器结构图



资料来源：沐风机械网，国信证券经济研究所整理

图41：RV减速器结构图



资料来源：兴丰元，国信证券经济研究所整理

图42：行星齿轮减速器结构图

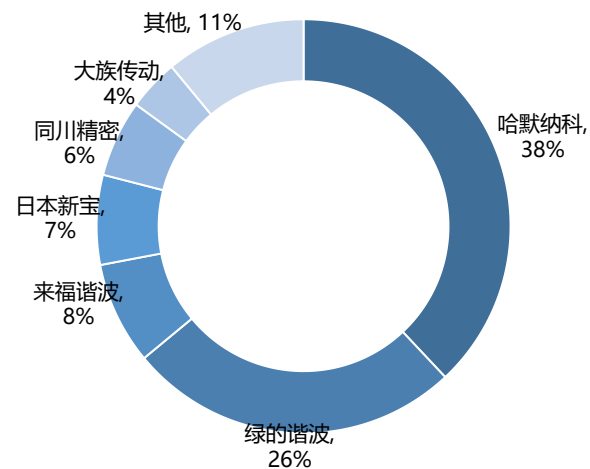


资料来源：中大力德，国信证券经济研究所整理

减速器：竞争格局与市场空间

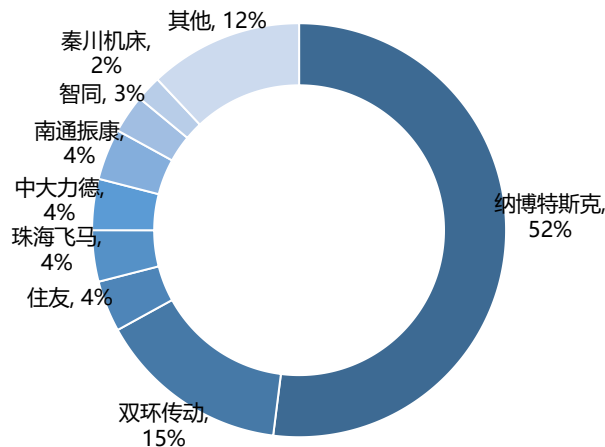
- **谐波减速器：海外厂商具有先发优势，国内厂商已逐步迎头赶上。**日本哈默纳科市场份额位居中国市场首位。国内谐波减速器制造商有30多家，其中一些实力较强的包括绿的谐波、来福谐波、同川精密等，近年来在技术与产能等方面发展速度快，市场份额不断提升，国内厂商有望进一步占据谐波减速器市场份额。根据华经产业研究院数据，2021年全球机器人谐波减速器市场空间为23亿元，2025年达到49亿元，2021-2025年CAGR预计达到21%。
- **RV减速器：市场主要由海外厂商占据，国内厂商技术提升有望形成国产替代。**随着全球机器人销量的增长，对RV减速器的需求也在逐步提升。目前我国市场呈现日本纳博特斯克一家独大局面，双环传动、珠海飞马、中大力德等国产企业技术正逐步实现突破，市场占有率进一步提升，未来国产减速器制造商有望逐渐扩大市场份额，实现国产替代。根据恒州诚思数据，2022年全球RV减速机市场规模约58亿元，到2029年市场规模将接近104亿元，2022-2029年CAGR为9%。
- **行星齿轮减速器：市场份额相对分散。**全球范围内，德国、日本等国家的精密行星减速器产品在材料、设计水平、质量控制、精度、可靠性和使用寿命等方面处于行业领先地位。目前海外企业在行星减速器领域市占率高，国内厂商具备突围机会。根据QY Research数据，2022年全球行星减速器销量为540.15万台，销售金额为12.03亿美元，其中我国境内销量231.91万台，销售金额为5亿美元。

图43：2022年我国谐波减速器市场份额（%）



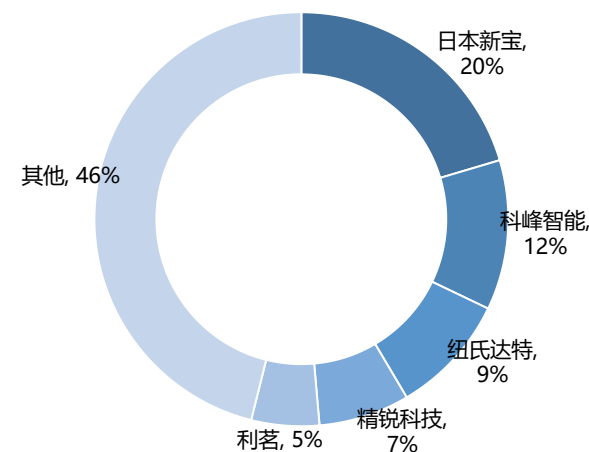
资料来源：MIR睿工业，中商产业研究院，国信证券经济研究所整理

图44：2022年我国RV减速器市场份额（%）



资料来源：MIR睿工业，中商产业研究院，国信证券经济研究所整理

图45：2022年我国精密行星减速器市场份额（%）



资料来源：MIR睿工业，中商产业研究院，国信证券经济研究所整理

- 投资建议：建议关注国产机器人本体、系统集成以及关键零部件的发展机会，人形机器人配套产业链发展进程。
- 风险提示：工业机器人市场需求不及预期，人形机器人产业化进程不及预期。

国信证券投资评级

投资评级标准	类别	级别	说明
报告中投资建议所涉及的评级（如有）分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现，也即报告发布日后的6到12个月内公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。A股市场以沪深300指数（000300.SH）作为基准；新三板市场以三板成指（899001.CSI）为基准；香港市场以恒生指数（HSI.HI）作为基准；美国市场以标普500指数（SPX.GI）或纳斯达克指数（IXIC.GI）为基准。	股票投资评级	买入	股价表现优于市场代表性指数20%以上
		增持	股价表现优于市场代表性指数10%-20%之间
		中性	股价表现介于市场代表性指数±10%之间
		卖出	股价表现弱于市场代表性指数10%以上
	行业投资评级	超配	行业指数表现优于市场代表性指数10%以上
		中性	行业指数表现介于市场代表性指数±10%之间
		低配	行业指数表现弱于市场代表性指数10%以上

分析师承诺

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道；分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。本报告仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。



国信证券

GUOSEN SECURITIES

国信证券经济研究所

深圳

深圳市福田区福华一路125号国信金融大厦36层

邮编：518046 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路1199弄证大五道口广场1号楼12楼

邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街6号国信证券9层

邮编：100032