

FORWARD 前瞻

中国产业经济研究所 010-819591

2025年人形机器人产业发展蓝皮书

—人形机器人量产及商业化关键挑战

前瞻产业研究院

2024年12月

目录

CONTENT

- 01 研究背景
- 02 人形机器人产业现状
- 03 人形机器人产业发展趋势
- 04 量产及商业化挑战
- 05 人形机器人产业榜单
- 06 企业应用案例

研究 背景

1.1 新质生产力背景下制造业智能变革

1.2 人形机器人是缓解制造业人力供需矛盾的关键一环

1.1 新质生产力背景下制造业智能变革

2023年11月《人形机器人创新发展指导意见》发布，该政策推出的目的为推动人形机器人产业高质量发展，培育形成新质生产力。人形机器人作为集成人工智能、高端制造、新材料等先进技术的新质生产力载体，将对社会产业变革和全球竞争格局产生颠覆性影响。

2023.11
工信部
《人形机器人创新发展指导意见》

到 2025 年

- 创新体系初步构建
- 关键技术突破
- 整机达到国际先进、量产

到 2027年

- 技术创新能力提升
- 综合实力达世界领先
- 构建产业生态

任务一：突破关键技术

- 打造人形机器人“大脑”和“小脑”
 - ✓ 开发基于人工智能大模型的人形机器人“大脑”
 - ✓ 开发控制人形机器人运动的“小脑”
- 突破“肢体”关键技术
 - ✓ 系统部署“机器肢”关键技术群
 - ✓ 攻关“机器体”关键技术群

任务二：培育重点产品

- 打造整机产品
 - ✓ 基础型：类人外观、双腿行走和双臂双手基本操作功能
 - ✓ 功能型：交互型、高精度型、极端环境高可靠型产品
- 夯实基础部组件
 - ✓ 传感：高精度传感器(视觉、听觉等)
 - ✓ 执行：高功率密度液压伺服执行器、高精度电驱执行器

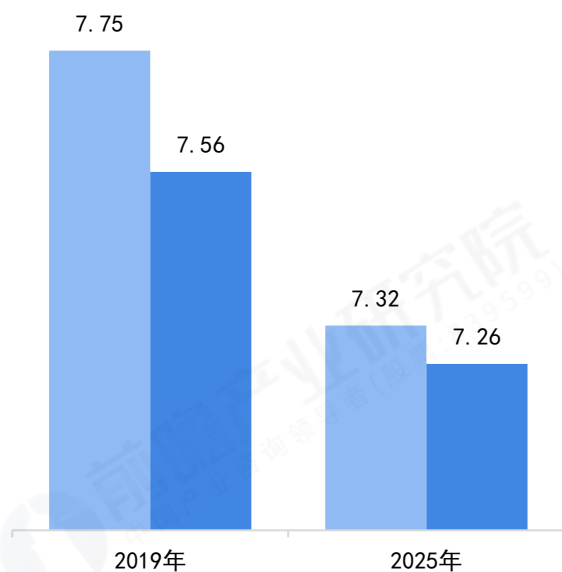
任务三：拓展场景应用

- 服务特种领域需求
 - ✓ 强化复杂环境下本体控制、快移、精确感知/决策、防护等
- 打造制造业典型场景
 - ✓ 结构化工序：推广在装配、运转、检测、维护等应用
 - ✓ 非结构化工序：加强交互(人-机-环境)
- 加快民生及重点行业推广

1.2 人形机器人是缓解制造业人力供需矛盾的关键一环

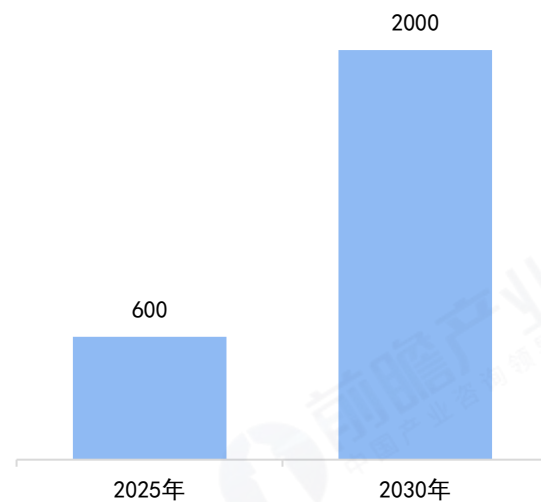
当前中国低生育率化、高老龄化持续加速，人口红利效应逐渐减弱。在这样的背景下，人形机器人是缓解制造业人力供需矛盾的关键一环，人形机器人可以完成非结构化制造环境中组装、分拣、检测等任务。

2019-2025年中国劳动力需求与供给情况(单位:亿人)



■ 劳动力需求总量 (亿人) ■ 劳动力供给总量 (亿人)

2025-2030年中国劳动供给缺口(单位:万人)



■ 劳动力供给缺口 (万人)

人形机器人缓解市场劳动力示例

物流领域



汽车制造领域



产业 现状

2.1 人形机器人概述

2.2 人形机器人产业画像

2.3 全球人形机器人产业现状

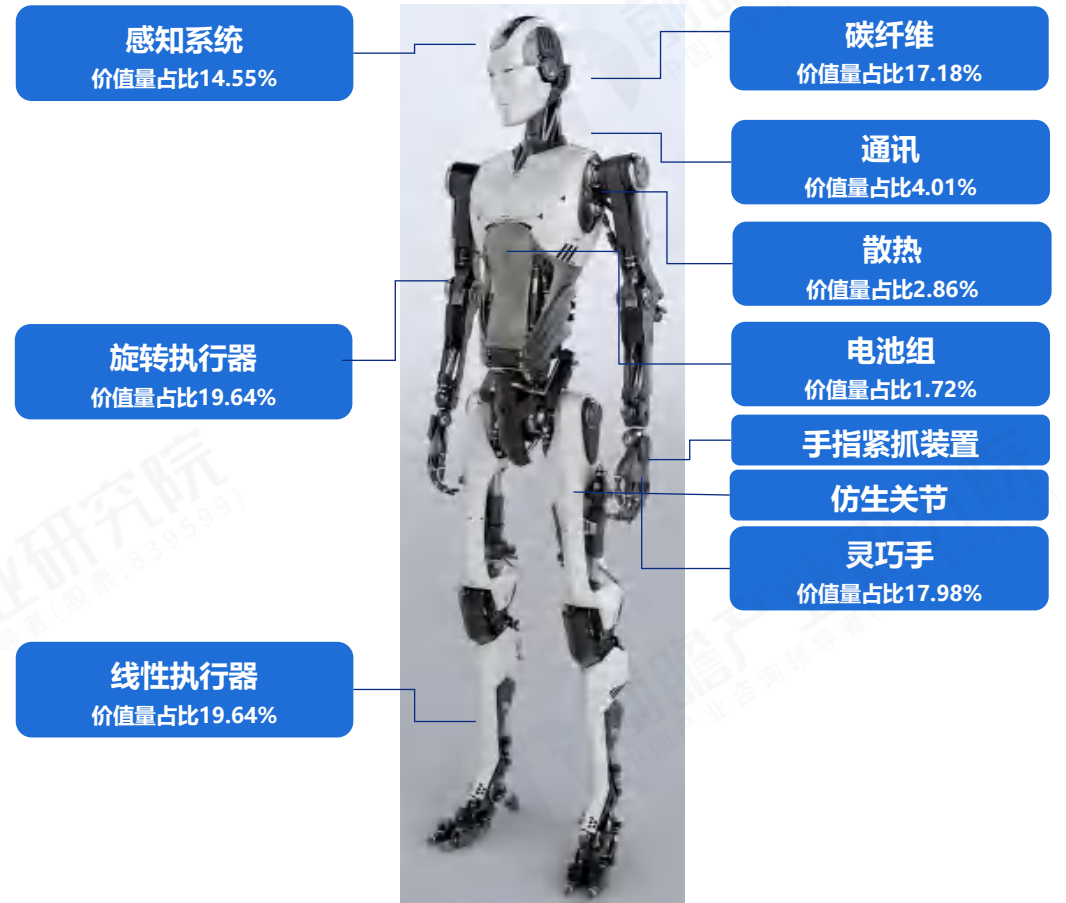
2.4 中国人形机器人产业现状

2.1 人形机器人概述

人形机器人是一种利用人工智能和机器人技术制造的具有类似人类外观和行为的机器人。相比其他机器人，人形机器人需要保持相对平衡并适应不同行走环境，执行器是实现其运动的关键部件，**人形机器人线性执行器、旋转执行器价值量占比较高。**

人形机器人相关概念辨析

区别	人形机器人	四足机器人
定义	人形机器人又称仿人机器人，灵感来源于人类的身体，集仿生学原理和机器电控原理于一体。	四足机器人是一种具备四只脚部并能够独立行走、跑动和进行各种动作的机器人。
形态设计	外形设计模仿人类，通常具有头部、躯干、四肢等特征，能够模拟人类的行走、抓握等动作。	外形设计模仿四足动物，如狗或马，具有四条腿，能够进行奔跑、跳跃等动作。
技术难度	技术难度较高，在结构设计、硬件构成、控制算法、核心性能要求以及零部件选择方面都有相对较高的要求。	四足机器人所需的技术难度远远低于人形机器人，四足机器人是人形机器人的初级阶段或入门过程。
应用领域	通常用于制造业与服务行业，可以执行与人交互、教学、表演等任务。	适用于搜索救援、农业、工业检查、地形勘探等需要高机动性和适应性的环境。

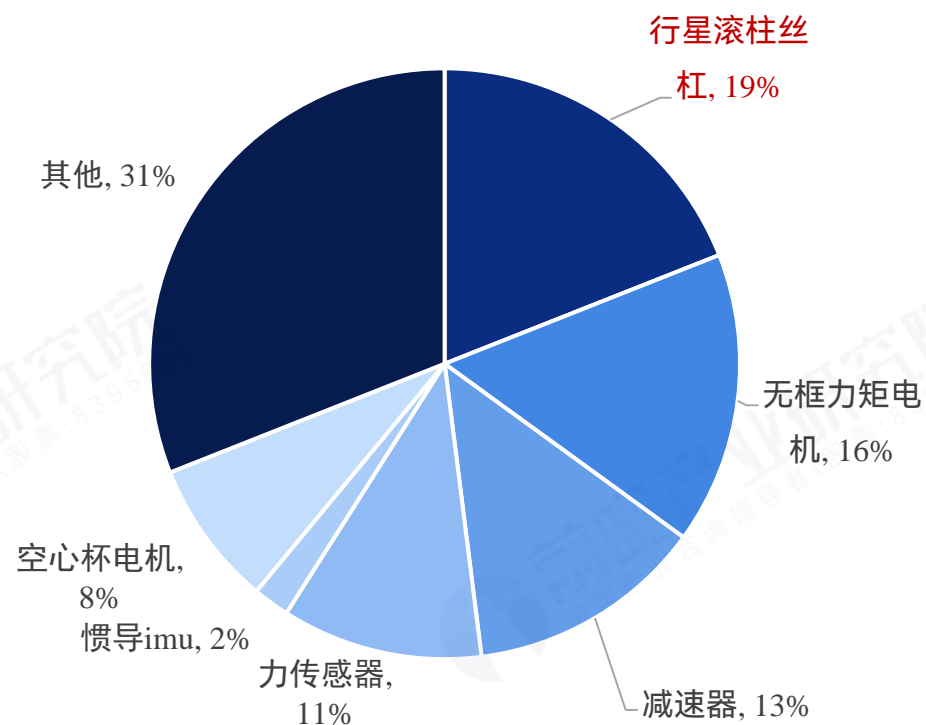


2.2.1 人形机器人产业画像：行星滚柱丝杠价值量占比最大

人形机器人产业链上游为核心零部件，其中行星滚柱丝杠价值量占比较高。行星滚柱丝杠制造难度大、壁垒高，目前产能主要集中于欧洲、美国等，中国企业起步较晚，规模较小，国内市场主要依靠海外进口。



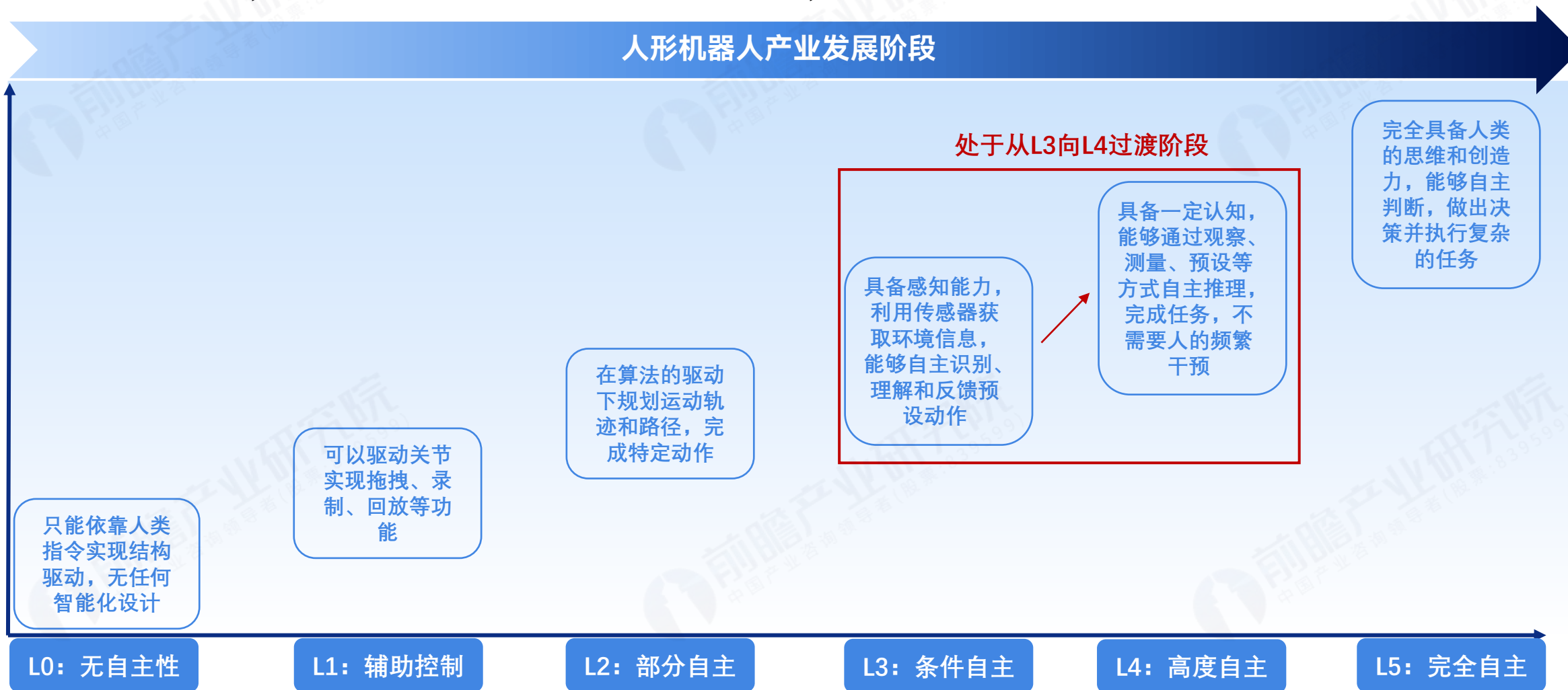
2030年人形机器人各零部件价值量占比情况（单位：%）



2.2.2 人形机器人产业画像：目前人形机器人正在从L3向L4过渡

按照智能化程度，人形机器人可被分为L0至L5六个层级，目前人形机器人正在从L3向L4过渡。

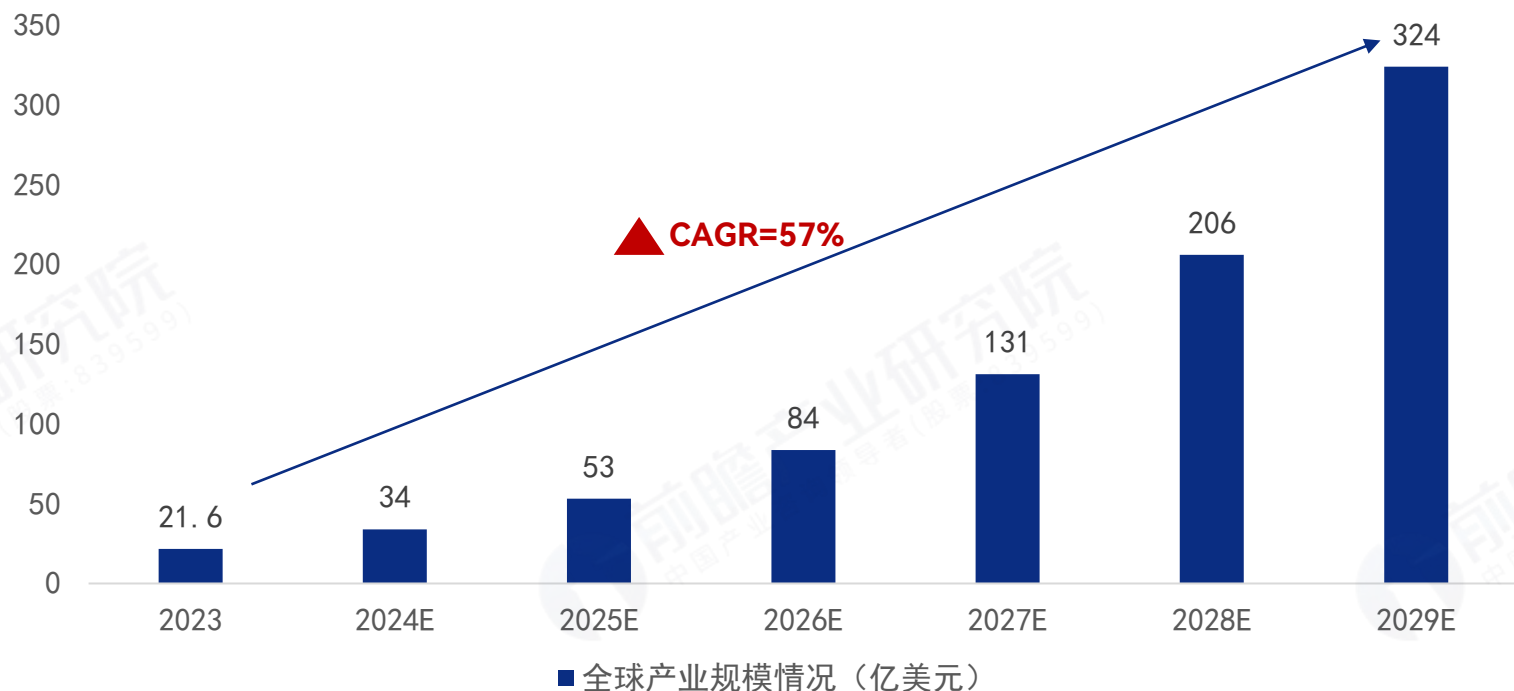
人形机器人产业发展阶段



2.3.1 全球产业现状：全球人形机器人市场规模持续增长

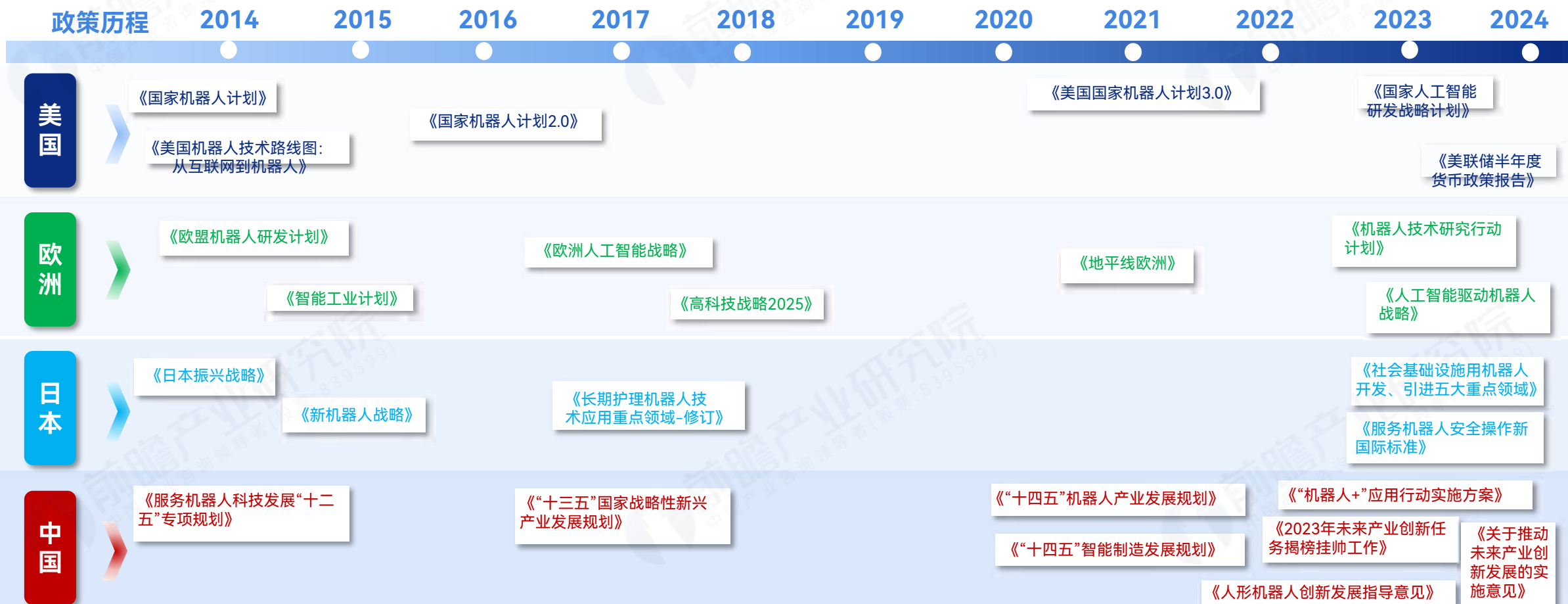
全球人形机器人市场规模持续增长。2023年全球人形机器人市场规模约21.6亿美元。随着技术的进步，预计未来人形机器人将在更多场景中实现商业化应用，不仅提升生产效率，还将在教育和家庭生活中扮演更加积极的角色。到2029年，全球人形机器人产业规模预期达324亿美元。

2023-2029年全球人形机器人产业规模情况（单位：亿美元）



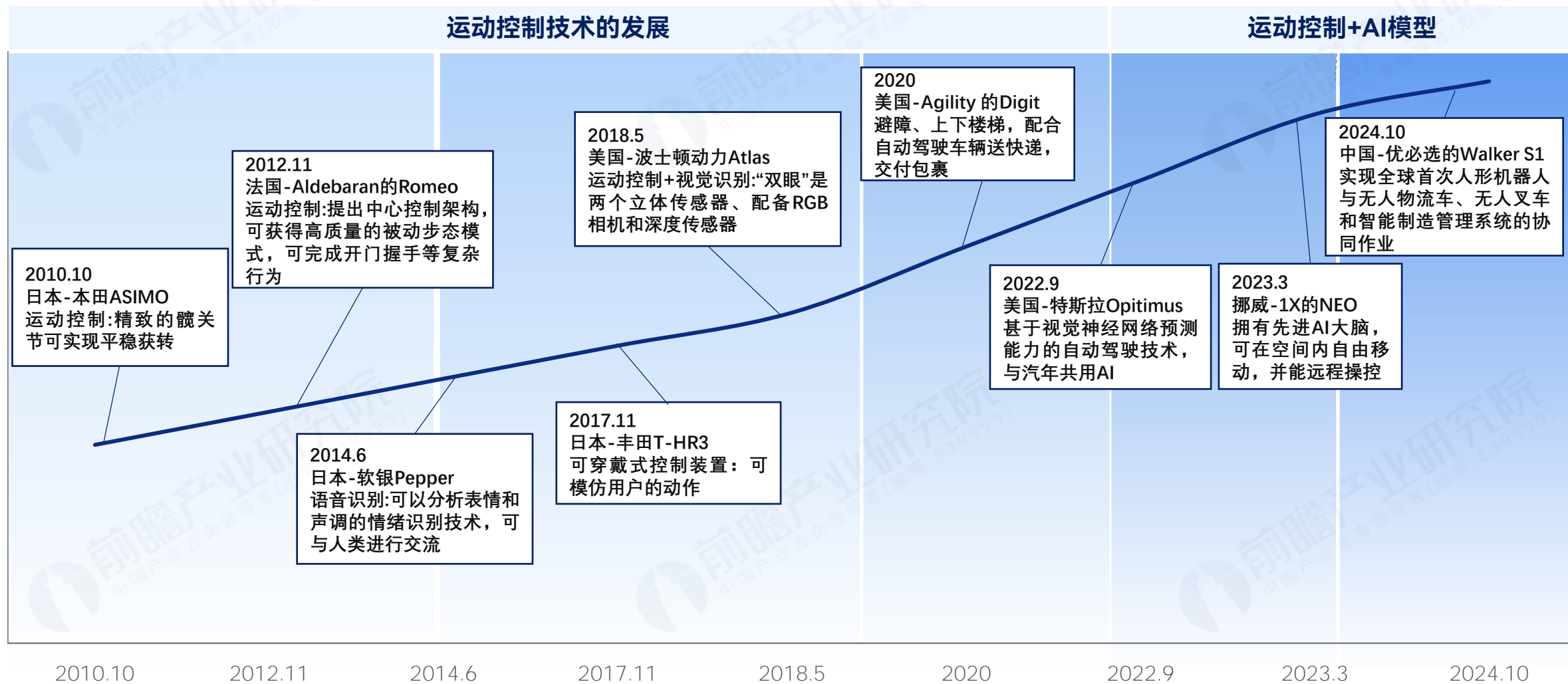
2.3.2 全球区域现状：日本、欧美等地区早期出台相关产业政策较多

整体来看，日本、欧美等发达国家早期出台机器人产业政策较多，中国则是近年来飞速发展，后期出台了一系列政策支持人形机器人产业的发展。



2.3.3 全球区域现状：日本、欧美等地区机器人产业起步较早

日本开创了人形机器人这一新兴赛道，而后欧美等企业积极开发相关产品。



2.3.4 全球企业布局：全球人形机器人企业尚未正式实现量产产品

作为新兴科技产物，尽管全球机器人产业链齐全，但目前市场上诞生的人形机器人，**技术层面上还停留在新产品对外发布、应用场景验证测试阶段，商业层面上还未实现大规模量产和商业落地。**



Optimus二代

2024年6月
Optimus二代在特斯拉工厂进行应用测试，**从事电池的分拣训练。**

2026年
特斯拉**有望大规模生产人形机器人**，供其他公司使用。



Eve、Neo

2023年
Eve年产
120-240个

2024年
Neo计划产
能600-
2400个/年

2025年
扩大生产规
模

2026年
扩大生产规模，获取数据



Walker S

2024年7月
Walker S在蔚来车间进行**实训验证。**

2024年12月
预计优必选人形机器人进入汽车工厂将在2024年底**实现小规模交付。**



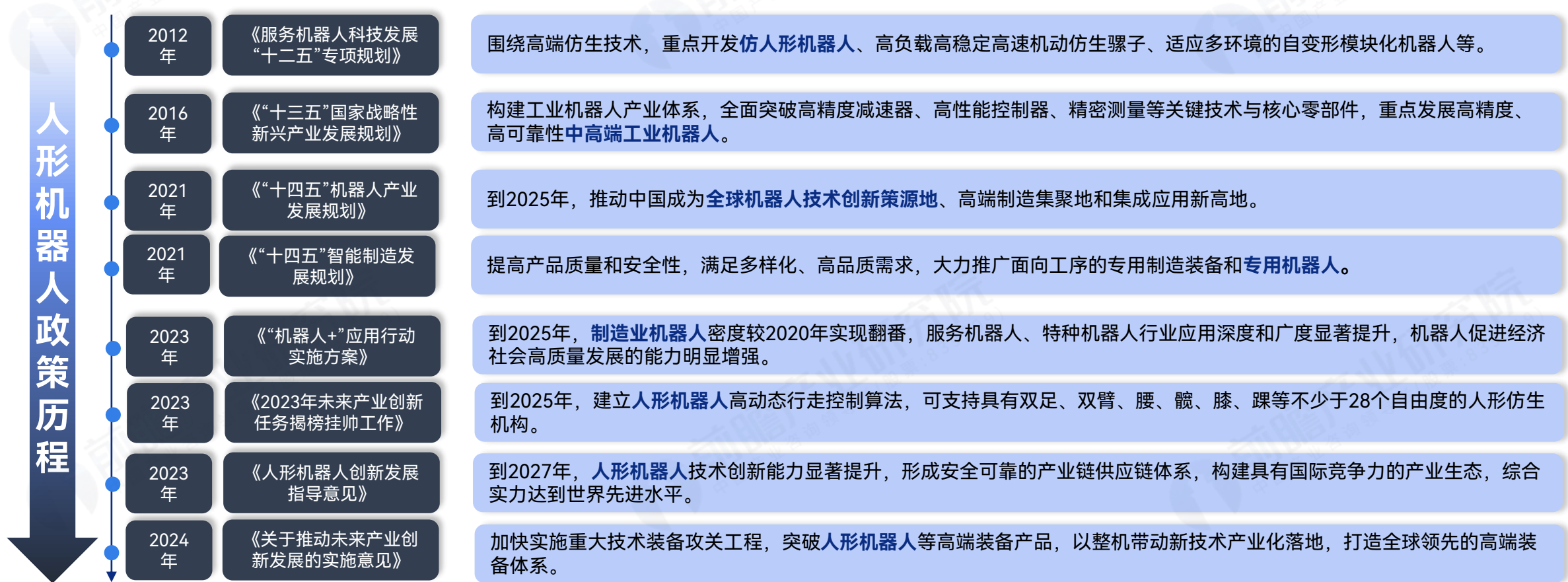
Digit

2024年8月
Digit是**目前商业化进展较快的机器人**，但也仅在GXO Spanx仓库完成10000个订单机器人的部署。

2025年
将于2024年向客户交付第一批 Digit，**并于2025年全面上市**，售价预计为25万美元。

2.4.1 中国政策现状：中国人形机器人政策重心由技术转向产业化

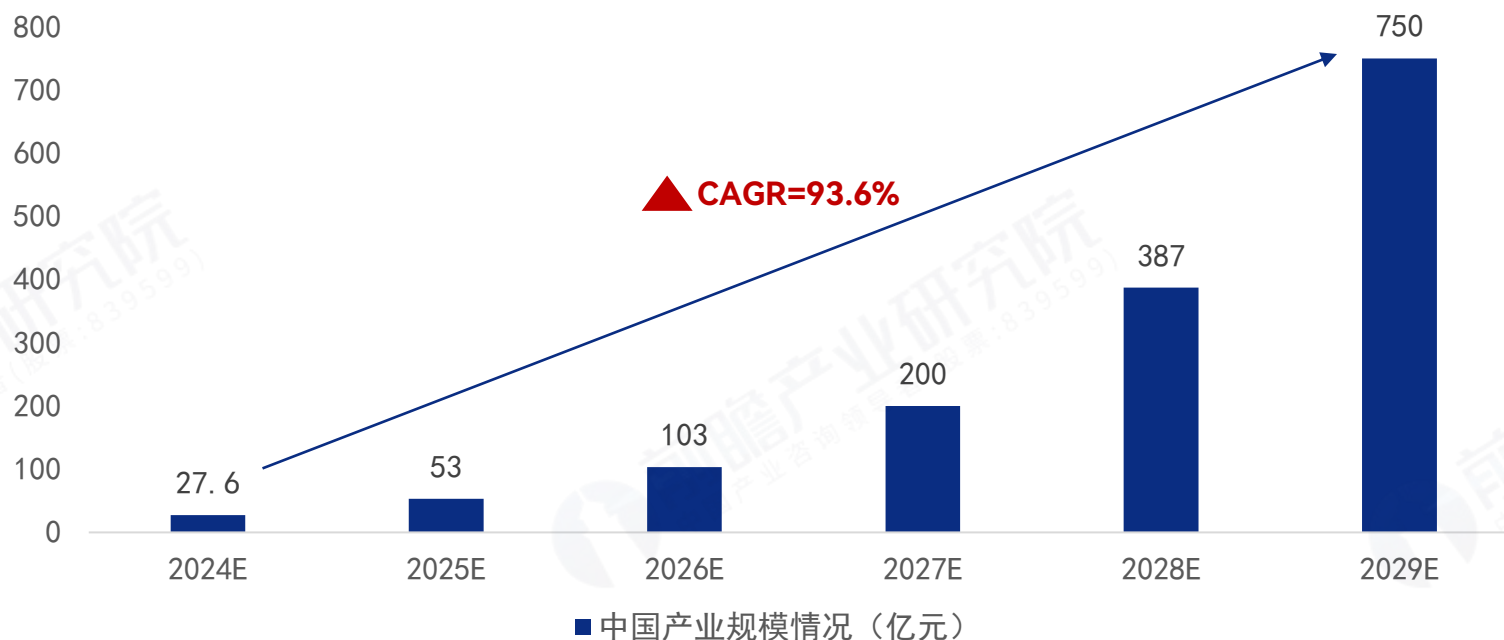
中国人形机器人政策重心由技术开始转向产业化，2021年之后陆续发布《“十四五”机器人产业发展规划》、《“十四五”智能制造发展规划》、《“机器人+”应用行动实施方案》等政策。



2.4.2 中国产业现状：中国市场展现出巨大的增长潜力

中国人形机器人市场展现出巨大的增长潜力。根据中国人形机器人产业大会披露的信息，2024年中国人形机器人市场规模约27.6亿元。对于整个人形机器人市场未来的发展，工信部2023年11月发布的《人形机器人创新发展指导意见》中明确，到2027年，产业加速实现规模化发展，应用场景更加丰富，相关产品深度融合实体经济，成为重要的经济增长新引擎。

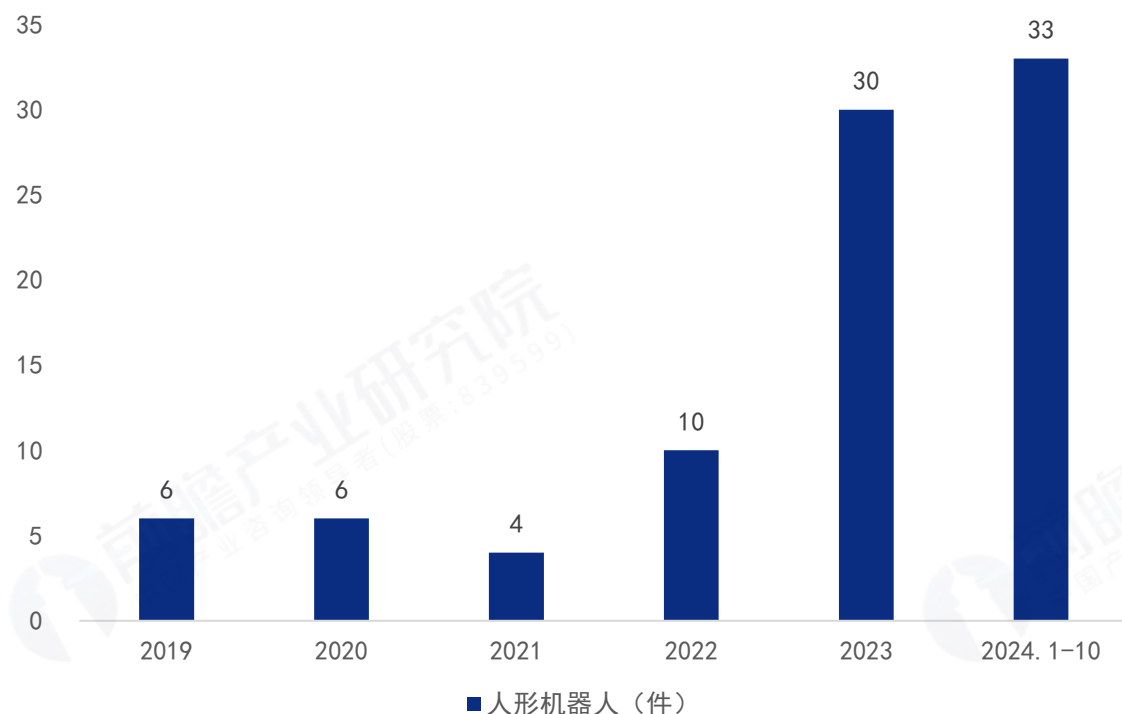
2024-2029年中国人形机器人产业规模情况（单位：亿元，%）



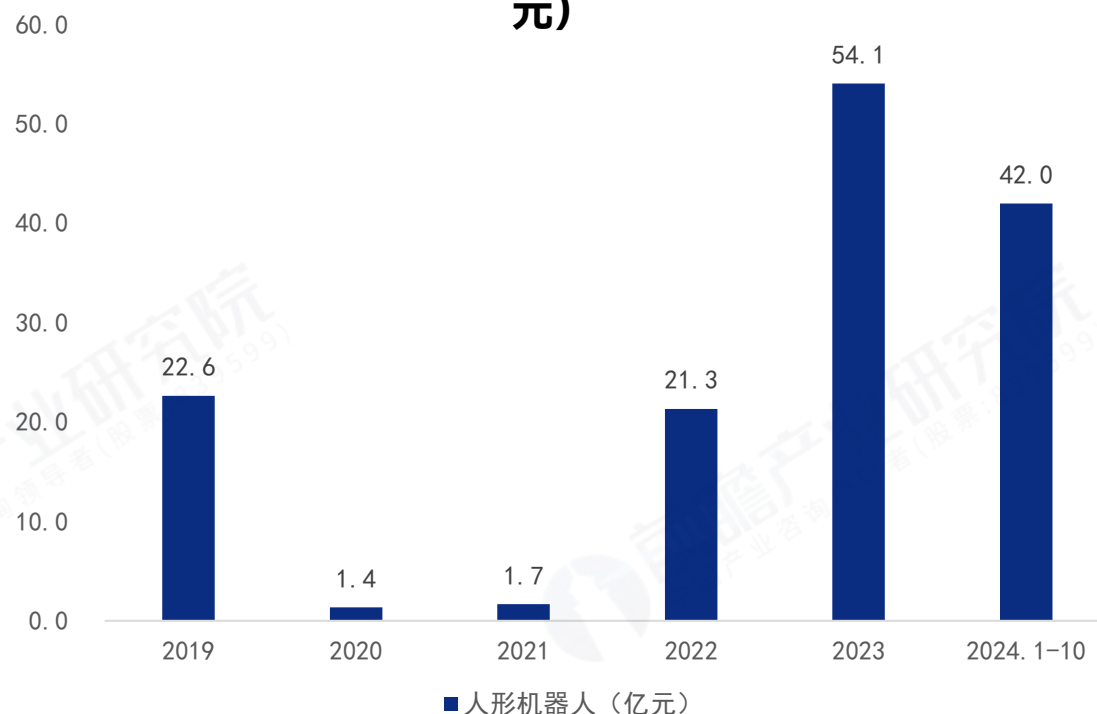
2.4.3 投融资情况：中国人形机器人产业投融资呈现向好趋势

2021年后，中国人形机器人投融资数量和金额整体呈现上升趋势，2023年，中国人形机器人产业投融资数量为30件，同比增长200%；投融资金额为54.1亿元，同比增长153.5%，行业整体呈现积极发展的趋势。

2019-2024年中国人形机器人产业投融资事件（单位：件）



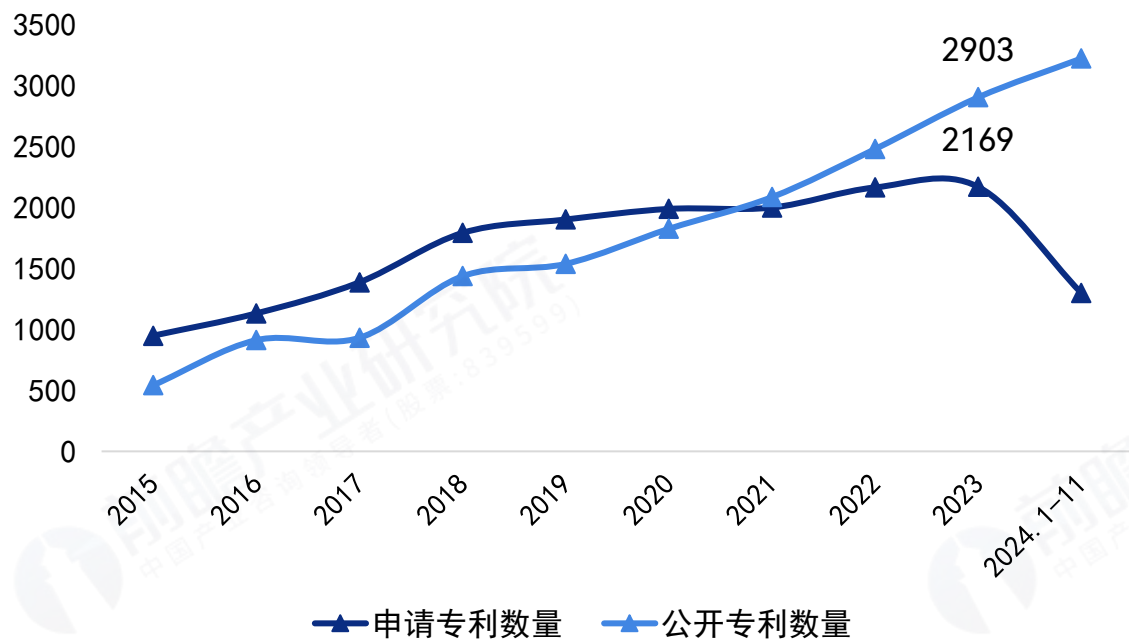
2019-2024年中国人形机器人产业投融资金额（单位：亿元）



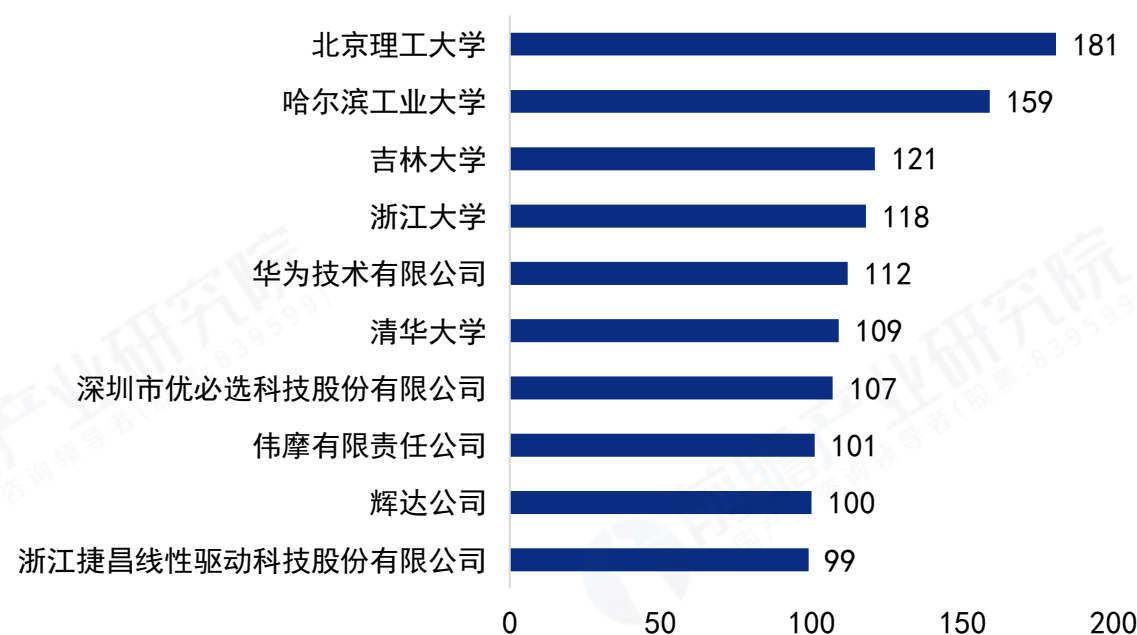
2.4.4 科研创新情况：中国人形机器人产业专利公开进入爆发阶段

根据incoPat数据，2015-2023年，**中国人形机器人专利申请及公开数量呈波动上升趋势**，2023年，中国人形机器人专利公开数量为2903项，中国人形机器人产业专利公开进入爆发阶段；申请机构方面，截至2024年11月，北京理工大学为人形机器人领域专利申请规模最大的机构，有181项。

2015-2024年中国人形机器人产业专利申请、公开数量
(单位：项)



截至2024年中国人形机器人专利申请机构Top10
(单位：项)



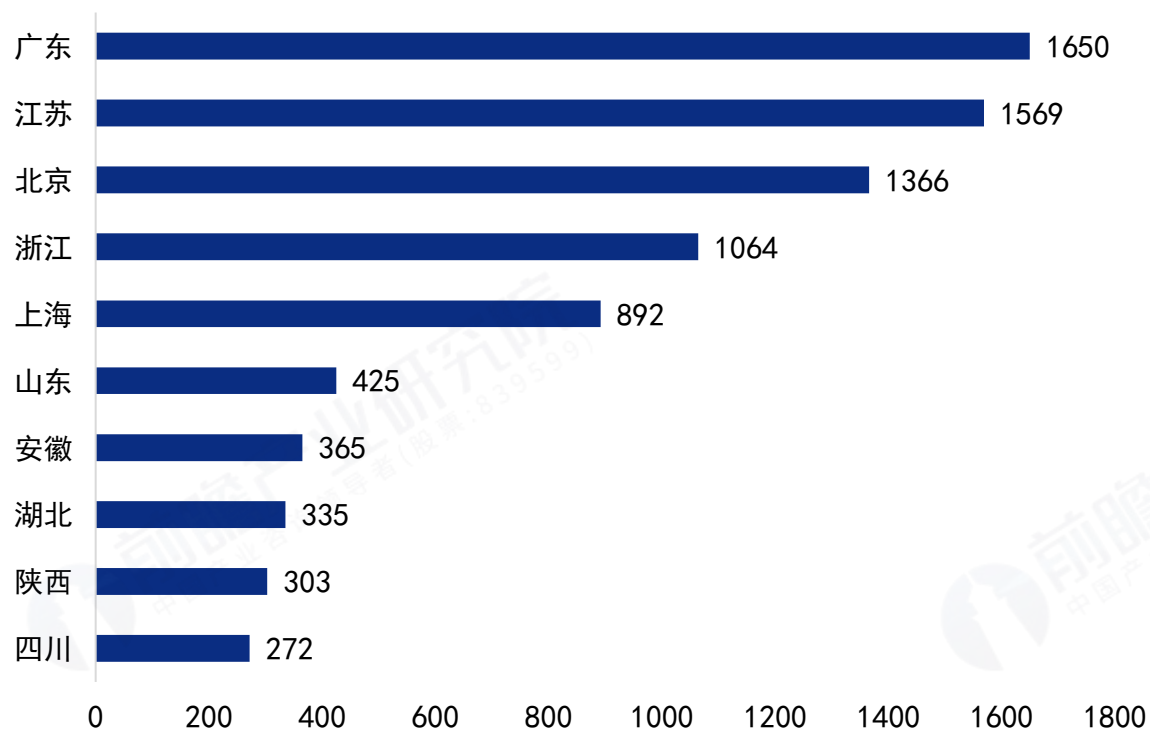
注：专利统计时间截至2024年11月14日

资料来源：incoPat 前瞻产业研究院整理

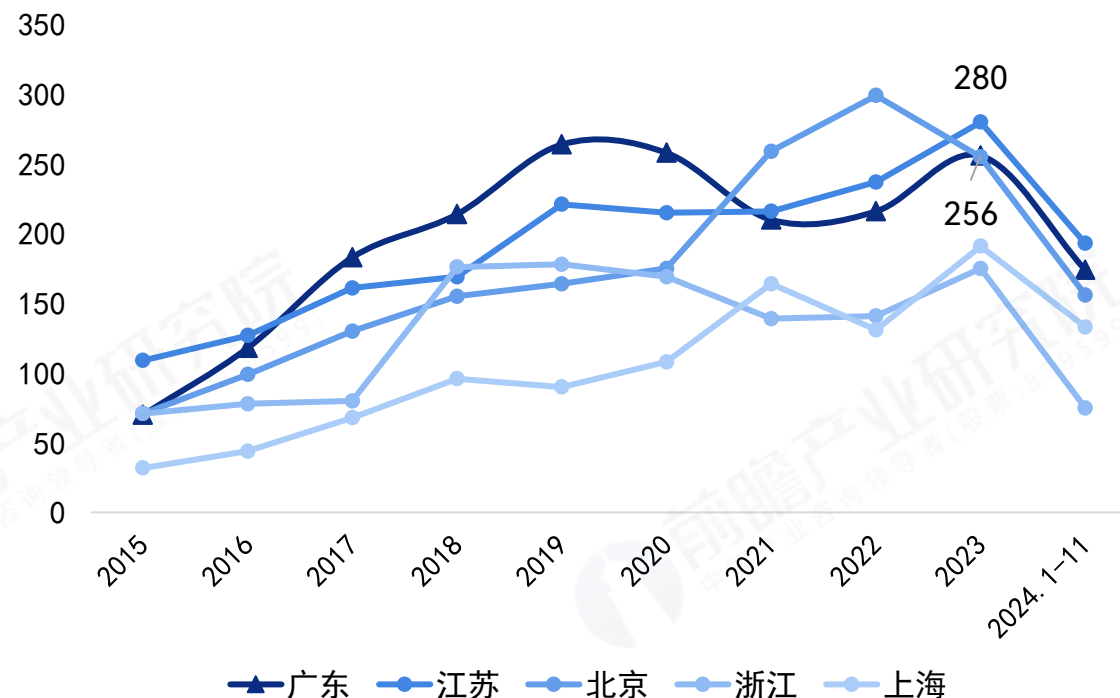
2.4.5 科研创新情况：广东人形机器人产业专利申请数量最多

从区域申请数量来看，截至2024年11月，**广东人形机器人领域专利申请数量最多**，达到1650项。从区域申请趋势来看，江苏后期在人形机器人领域专利申请数量较多，发展趋势较好，2023年江苏人形机器人专利申请数量280项，广东申请数量256项。

截至2024年中国人形机器人省市申请情况（单位：项）



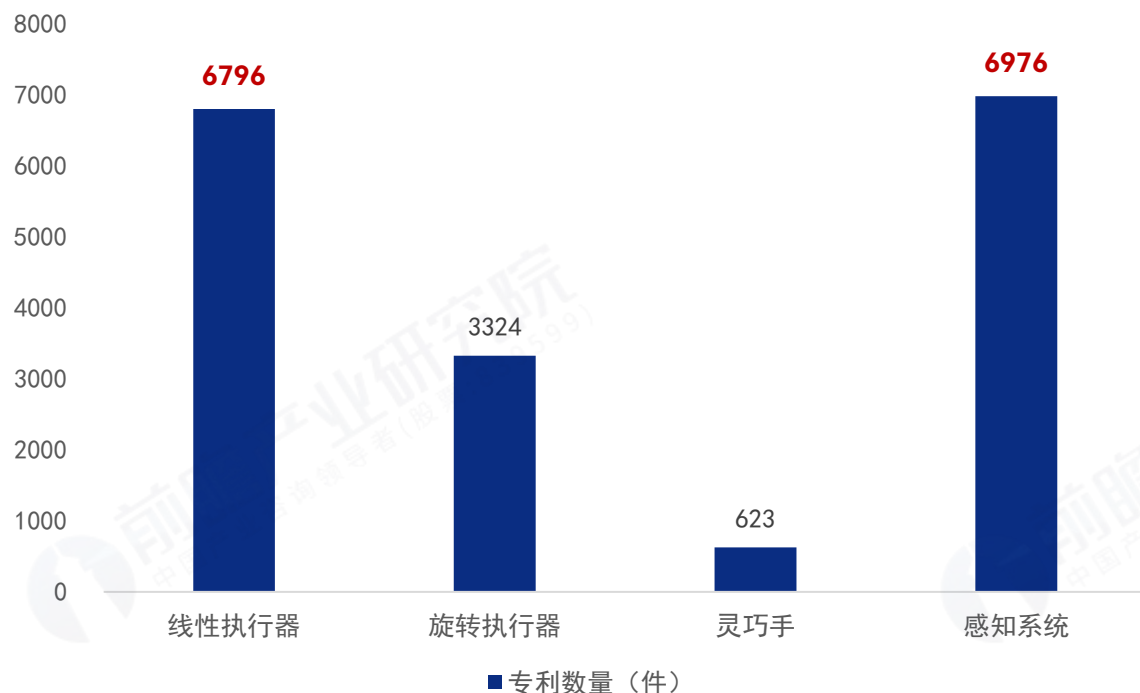
2015-2024年中国主要地区人形机器人专利申请情况（单位：项）



2.4.6 科研创新情况：线性执行器与感知系统为主要关注技术路线

截至2024年11月，感知系统与线性执行器系统专利申请数量较多，分别为6976项与6796项。感知系统是由“视觉传感器+毫米波雷达+语音通讯”组成，线性执行器系统是由“无框力矩电机+行星滚柱丝杠+力矩传感器+编码器+驱动器+关节机加工件”组成，**从专利申请情况来看，目前这两个系统为中国人形机器人市场主要关注技术路线。**

截至2024年中国人形机器人主要系统专利申请情况
(单位：项)



中国人形机器人主要系统技术路线

系统	主要构成
感知系统	视觉传感器+毫米波雷达+语音通讯
线性执行器	无框力矩电机+行星滚柱丝杠+力矩传感器+编码器+驱动器+关节机加工件
旋转执行器	无框力矩电机+谐波减速器+力矩传感器+编码器+驱动器+关节机加工件
灵巧手	行星减速器+空心杯电机+编码器+驱动器+蜗轮蜗杆+线传动

2.4.7 中国区域现状：京津冀形成优势互补的产业链协同发展模式

从京津冀地区人形机器人产业发展情况来看，其最大特点在于优势互补、交汇互通的产业链协同发展模式。北京科技创新资源丰富，产业发展程度在三地居于首位，而天津与河北工业基础也较雄厚且传统产业转型需求旺盛，故许多机器人企业采取北京研发，生产、落地在天津、河北的模式，且河北发展成为京津机器人企业的重要零部件供应地。



2.4.8 中国区域现状：长三角已建立起较为完整的机器人产业链条

从长三角地区人形机器人产业发展情况来看，其最大特点在于工业机器人产业规模庞大，为人形机器人产业的发展奠定了较好的基础。长三角是我国工业机器人产业发展最为完备的区域之一，产能规模大，产业链条完整，产业投资集聚度高，发展人形机器人产业正当其时。



资料来源：浙江大学湖州研究院 前瞻产业研究院整理

2.4.9 中国区域现状：珠三角为全球人形机器人供应链的重要集聚区

从珠三角地区人形机器人产业发展情况来看，该地区是全球人形机器人供应链的重要集聚区，控制、伺服系统技术较为领先。广东深圳、广州、东莞等地聚集了优必选、乐聚机器人等全球领先人形机器人企业与里工实业、本末科技、汇川技术等涉及减速器、电机的核心零部件企业。



广东深圳

- ◆ **企业布局：**优必选、逐际动力、乐聚机器人等人形机器人企业，汇川技术、雷赛智能、奥比中光、大族传动、同川科技、固高科技等核心零部件企业
- ◆ **政策发布：**《深圳市加快推动人工智能高质量发展高水平应用行动方案（2023-2024年）》

广东广州

- ◆ **企业布局：**里工实业等人形机器人企业，广州数控、中设机器人等核心零部件企业
- ◆ **政策发布：**《广州市现代高端装备产业链高质量发展三年行动计划》

广东东莞

- ◆ **企业布局：**本末科技、李群自动化、云鲸智能等核心零部件企业
- ◆ **政策发布：**《东莞市支持智能机器人产业发展若干措施》

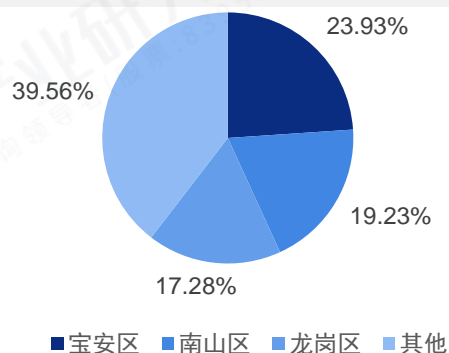
2.4.10 中国区域现状：深圳具有具有人形机器人产业先发优势

深圳市机器人产业发展良好，且拥有优必选、逐际动力、乐聚机器人等一批本体企业，发布了优必选Walker X、乐聚夸父、逐际动力CL-1等人形机器人产品，**已具有人形机器人产业先发优势。**

《深圳市加快推动人工智能高质量发展高水平应用行动方案（2023-2024年）》解读



2023年深圳市机器人企业分布情况（单位：%）



2021-2023年深圳市机器人总产值（单位：亿元）



机器人
为深圳
重点发
展的产
业之一

深圳市人形机器人主要引领企业

- 优必选**
 - ◆ 新一代工业人形机器人Walker S1已进入比亚迪等汽车工厂实训
- 乐聚机器人**
 - ◆ 发布夸父人形机器人，在智能化、泛化能力上得到了显著提升
- 逐际动力**
 - ◆ 发布国内首款基于实时地形感知动态上楼梯的人形机器人CL-1

深圳已
具备一
批全国
领先
的人形
机器人
市场
主体

发展 趋势

3.1 市场需求趋势

3.2 技术创新趋势

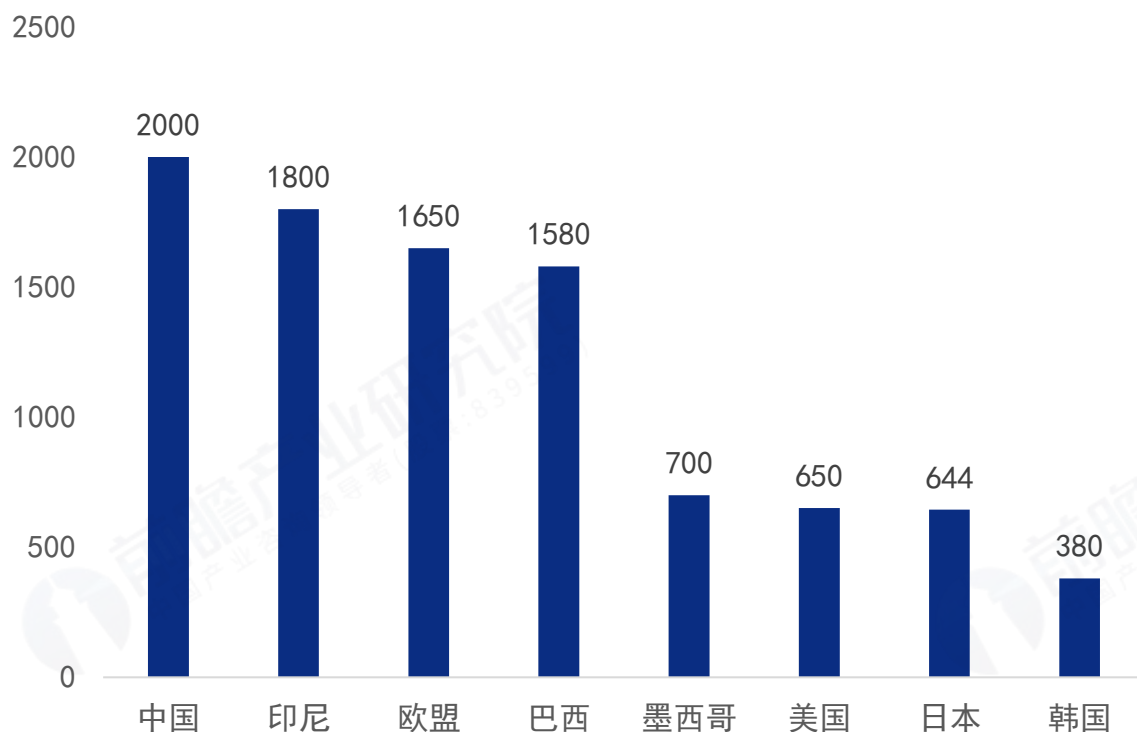
3.3 应用趋势

3.4 量产化趋势

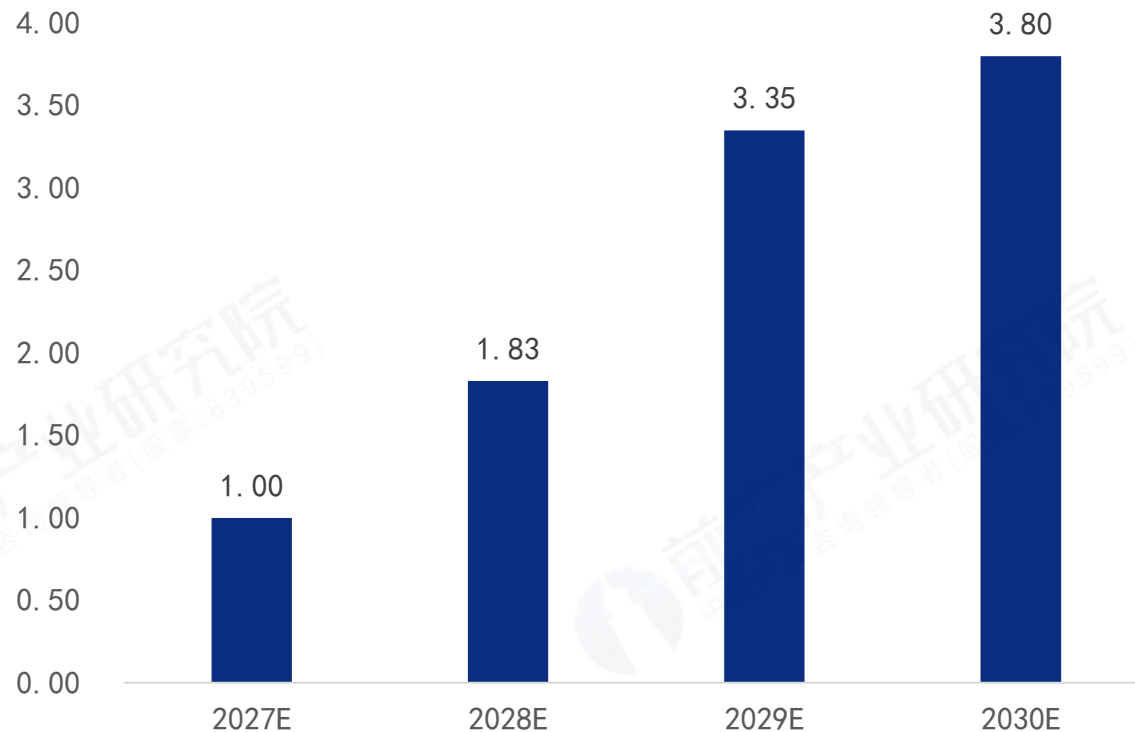
3.1 市场需求趋势：人形机器人出现将缓解市场劳动力缺口

劳动力缺口将成为影响全球经济发展的关键因素之一，而人形机器人的出现，将有望缓解这一局面，未来市场对人形机器人的需求将会持续上升，**预计到2030年，全球人形机器人出货量将达到3.80万台。**

2030年全球劳动力缺口预测（单位：万人）



2027-2030年全球人形机器人出货量预测（单位：万台）



资料来源：中国社科院人口与劳动经济研究所 麦肯锡 Omdia 前瞻产业研究院整理

3.2 技术创新趋势：具身智能技术提升人形机器人自主作业能力

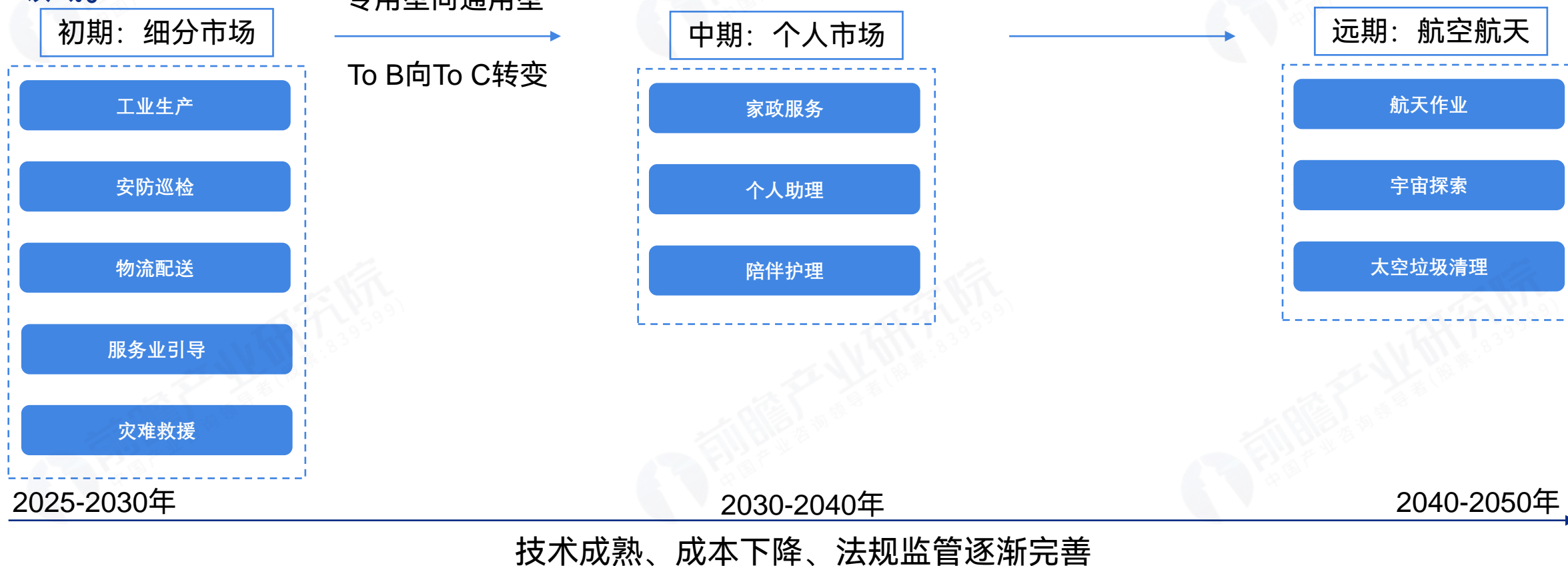
当以Chat GPT为代表的新一代人工智能技术爆发后，具身智能热潮随之而来，具身智能技术涵盖“大脑”、“小脑”关键技术群，实现人形机器人自主感知、决策与行动。



3.3 应用趋势：未来人形机器人有望应用于航天航空领域

人形机器人在细分市场率先商业化，如工业生产、安防巡检、物流配送、服务业引导等，初期功能单一，后逐步成熟转为通用型机器人，由To B转为To C，进入家政等市场；**更远的未来，人形机器人有望应用于航天航空领域。**

领域。



3.4 量产化趋势：人形机器人的量产趋势正在逐步显现

人形机器人的量产趋势正在逐步显现，多家人形机器人公司宣布了其量产计划，海外企业如特斯拉预计在2026年开始对外进行人形机器人量产；中国企业如优必选，其产品已经进入了东风柳汽、吉利汽车等车厂的实训，预计2024年年底实现小规模交付。

未来有量产规划的企业

海外企业

- ✓ 特斯拉预计在2026年开始对外量产；
- ✓ Figure 02已进入宝马工厂进行测试；
- ✓ 挪威1X technologies的轮足人形机器人正在进行商业化探索，并用于提供安保服务。

中国企业

- ✓ 优必选人形机器人产品进入了东风柳汽、吉利汽车等车厂实训，预计2024年年底实现小规模交付；
- ✓ 傅利叶于2023年开始发售产品，其GR-1产品实现小批量交付；
- ✓ 智元预计2024年其人形机器人产品发货量为300台左右；
- ✓ 达闼计划在2025年实现量产。

挑战

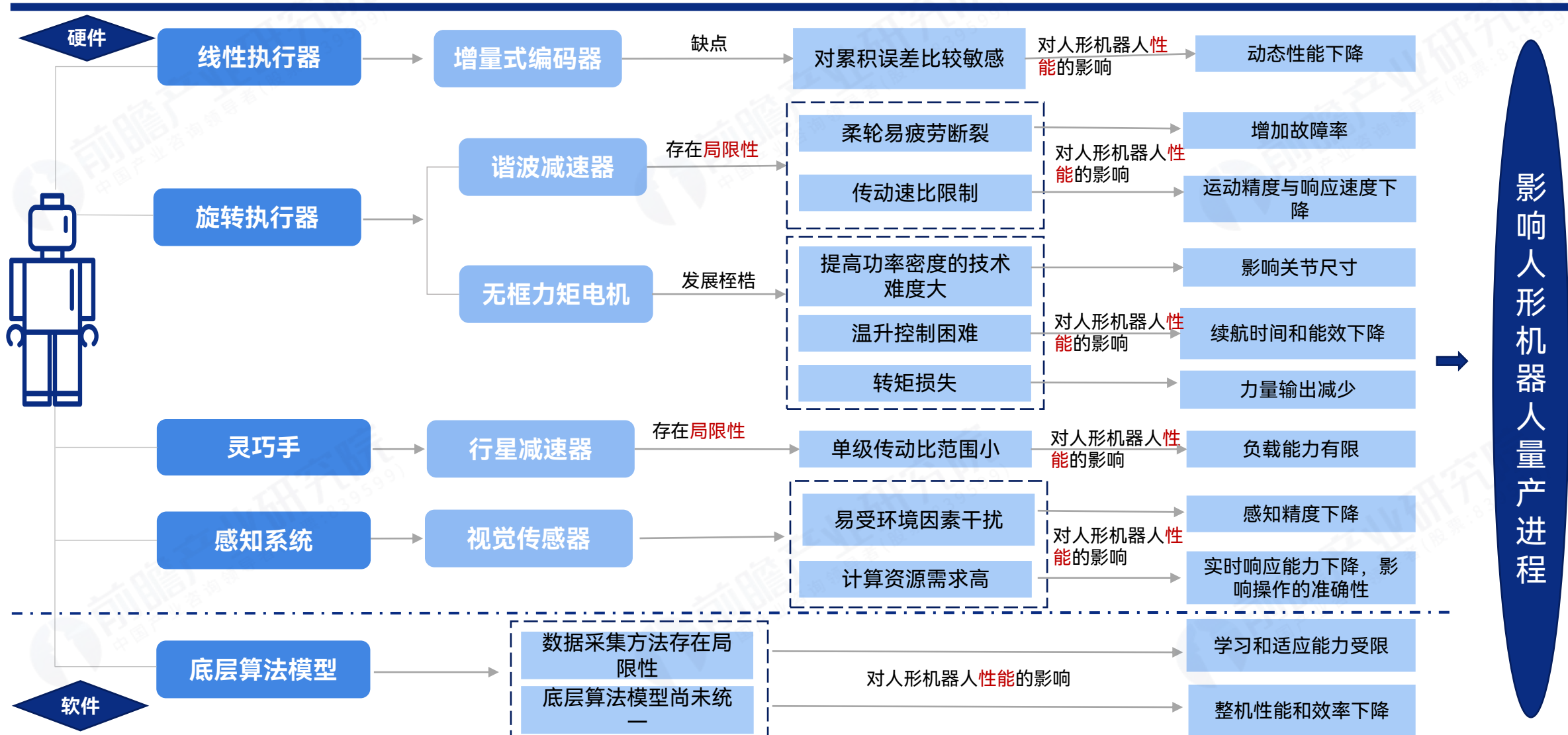
4.1 技术挑战

- ◆ 人形机器人主要构成及技术挑战
- ◆ 柔轮易疲劳断裂将增加人形机器人故障率
- ◆ 谐波减速器传动速比受限使精度与响应速度下降
- ◆ 无框力矩电机温升控制困难使整机能效下降
- ◆ 数据采集方法的局限性影响学习与适应能力
- ◆ 底层算法模型尚未统一影响整体效率

4.2 商业挑战

- ◆ 成本挑战：人形机器人存在卡脖子问题，制造成本较高
- ◆ 应用挑战：人形机器人无法适应多场景的不同需求
- ◆ 安全与伦理挑战：市场缺乏人形机器人相关标准规范

4.1 人形机器人主要构成及技术挑战



4.1.1 技术挑战：柔轮易疲劳断裂将增加人形机器人故障率

柔轮是谐波减速器的关键部件之一，负责传递运动和力矩，一旦发生疲劳断裂，谐波减速器失效，**将导致关键关节失灵，使机器人无法完成预定任务，增加故障率。**

柔轮齿面断裂情况

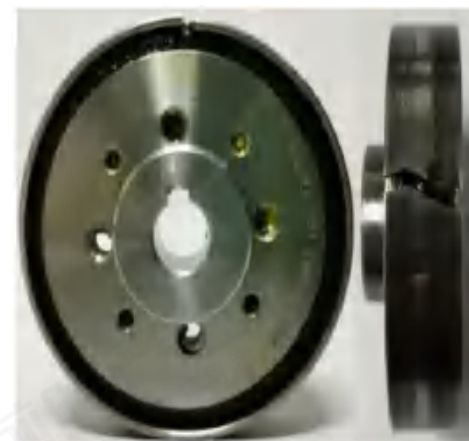


当柔轮齿面出现磨损后，其与刚轮轮齿之间运动副的摩擦系数增大，导致其传动效率、扭转刚度等性能参数出现下滑。

而随着柔轮齿面磨损的加剧，最终导致柔轮齿面疲劳断裂，即谐波减速器完全失效。

柔轮齿面疲劳断裂将使得人形机器人能耗增加，并且因关键部件失效而无法正常工作。

柔性轴承外圈断裂情况



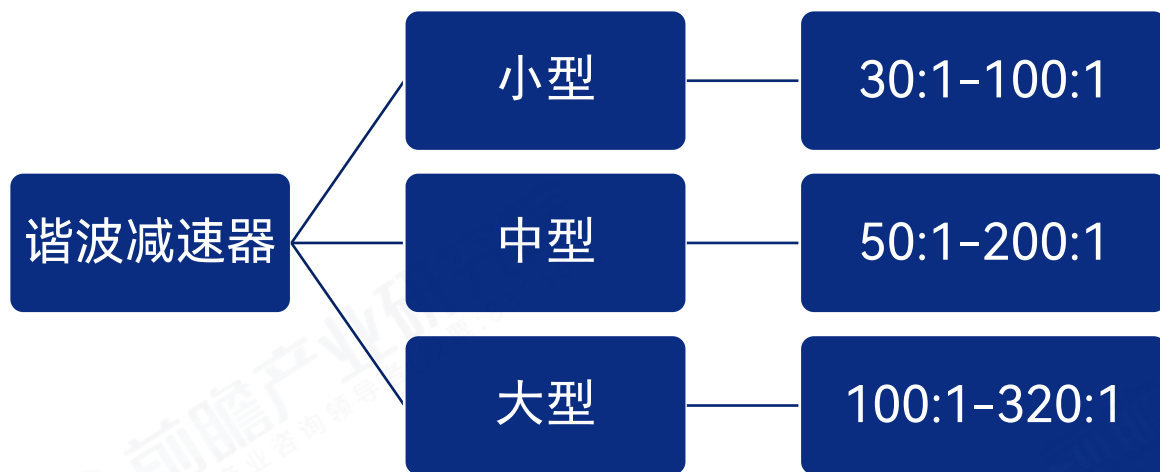
当柔轮内壁和柔性轴承外圈出现磨损后，使得润滑效果下降、摩擦系数变大、温度升高。

这些因素都会导致其运动副磨损不断加剧，最终产生疲劳断裂现象。

4.1.2 技术挑战：谐波减速器传动速比受限使精度与响应速度下降

谐波减速器的传动速比决定人形机器人运动的精度和响应速度，谐波减速器的传动速比通常在30:1 ~ 320:1之间，不能用于传动速比小于30的场合，将会限制人形机器人在高精度定位、快速响应等方面的表现，导致运动精度下降、响应速度变慢。

不同类型谐波减速器传动速比情况



注：传动速比=输入轴转速/输出轴转速

人形机器人需要高精度性能的场景

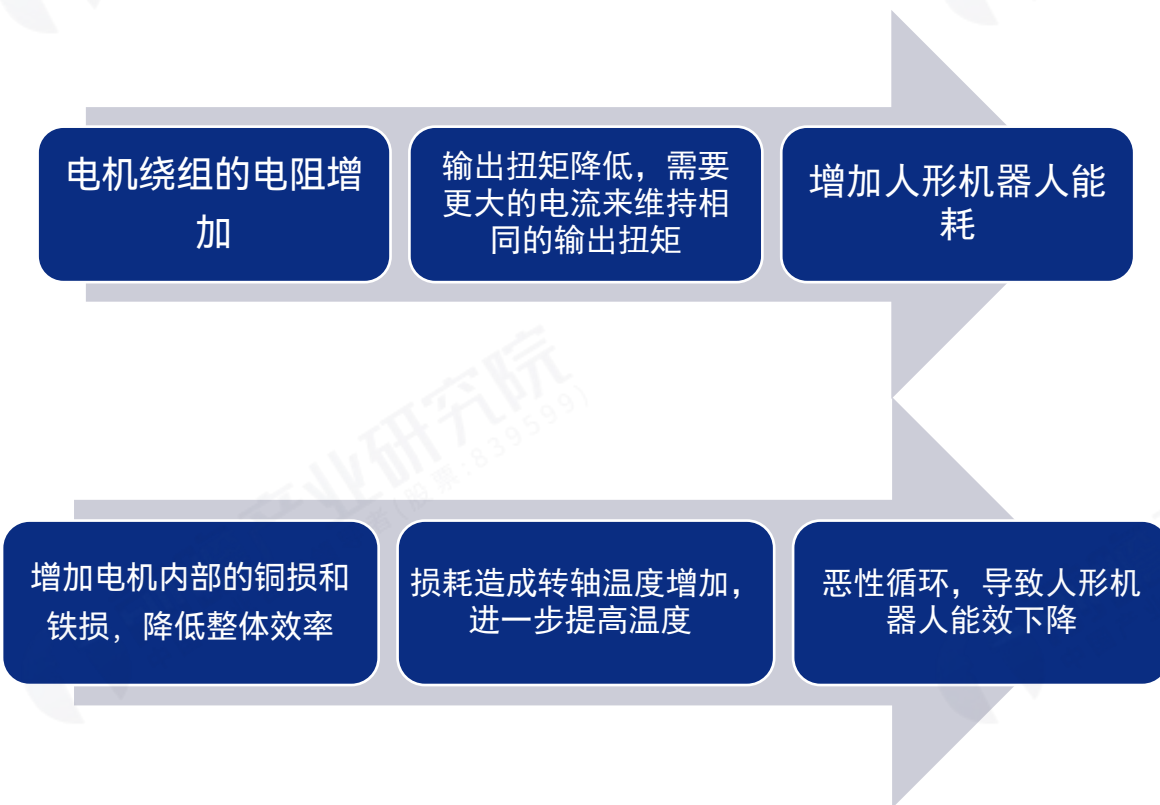
场景	具体情况
高精度定位场景	人形机器人的手指和手腕需要进行高精度的定位和抓取操作，较低的传动速比可以提供更高的分辨率和更精细的控制。
快速响应场景	在行走和跑步等动态运动中，需要快速响应和调整，较低的传动速比可以减少启动和停止的惯性，提高动态性能。 在遇到障碍物时，需要快速调整姿态和方向，较低的传动速比可以提高反应速度，确保安全。
高频率运动场景	在进行舞蹈和表演时，需要进行高频率的运动和快速的动作切换，较低的传动速比可以提高动作的流畅性。

资料来源：前瞻产业研究院整理

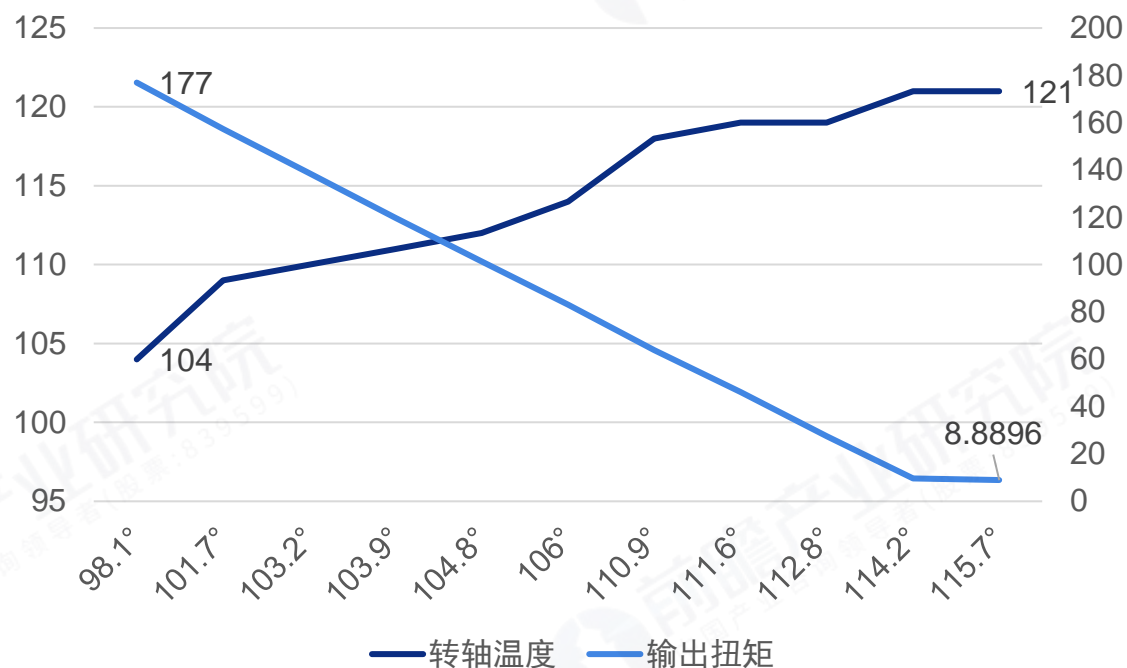
4.1.3 技术挑战：无框力矩电机温升控制困难使整机能效下降

无框力矩电机的工作温度是影响其性能和寿命的重要因素。温度升高将使无框力矩电机的**转轴温度上升**，**输出扭矩下降**，从而导致人形机器人能耗增加，使用效率下降。

温度升高对人形机器人能效的影响



温升对电机性能的影响 (单位: °C, nm)



注：此处电机为牵引电机，目前暂无温度对无框力矩电机性能影响的数据，故借助温度对牵引电机性能影响的数据作为参考。

资料来源：《温度对扭矩测量精度影响因素简析》前瞻产业研究院整理

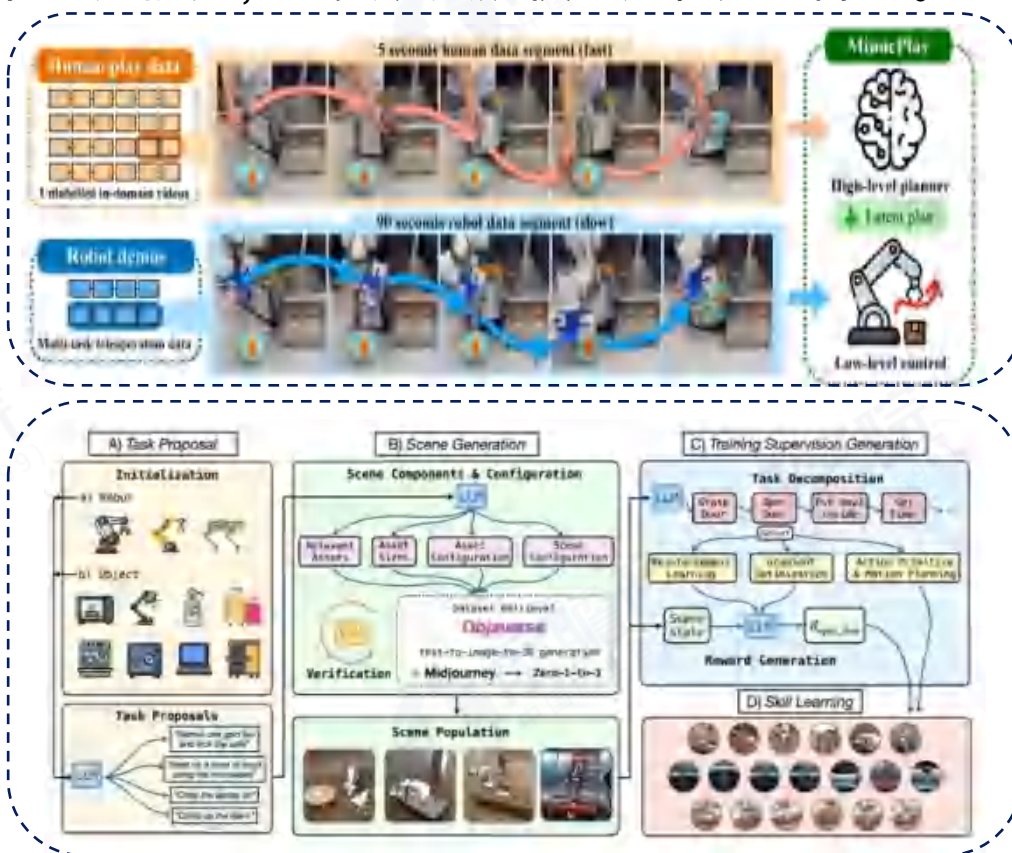
4.1.4 技术挑战：数据采集方法的局限性影响学习与适应能力

从底层算法模型来看，机器人的软件可以分为大脑与小脑。目前大小脑发展不均衡，相较于智能“大脑”的智力快速提升，**人形机器人的小脑即运动控制，发展停留在初期，主要制约因素之一是数据采集**，数据采集直接影响了人形机器人的学习和适应能力，对实现大规模量产构成了障碍。

人形机器人小脑数据采集方法

利用视频数据
引导学习

生成式仿真



局限性：信息表征的
局限性、相对真机的
还原性等。

局限性：模型可能不
具备足够的鲁棒性来
应对未知情况、数据
质量高度依赖所使用
的物理模型等。

影响人形机器人学习和适应能力

4.1.5 技术挑战：底层算法模型尚未统一影响整体效率

精细操作中不同任务对应不同的奖励函数，无法设置统一的奖励函数进行强化学习，因此目前尚未有统一的底层算法。对于每一个具体的精细动作任务，都需要单独开发和调校相应的算法模型，**导致不同组件或子系统之间的兼容性和互操作性较差，影响人形机器人整体性能和效率。**

精细动作执行底层算法

底层算法类型	具体情况
生成式模仿学习	结合了模仿学习和生成模型的思想，用于训练机器人或其他智能体通过观察专家或人类的行为来学习执行任务。
Affordance（可供性）	“Affordance”（可供性）是一个源自心理学的概念，指的是环境中的物体或表面为一个有机体提供的可能行为。简单来说，就是环境中的物体提供了哪些潜在的使用方式或操作机会。
大模型问答	使用大规模预训练的语言模型来处理自然语言理解和生成任务。
大模型Prompt规划	利用大模型来生成或优化任务指令（Prompts），以指导机器人完成复杂的任务。
Language矫正	通过算法和技术手段来改进或纠正语言表达中的错误，确保输出的语言更加准确、自然和符合语境。

4.2.1 成本挑战：行星滚柱丝杠依靠进口，成本较高

行星滚柱丝杠制造难度大、壁垒高，目前产能主要集中于欧洲、美国等，**中国企业起步较晚，规模较小，国内市场主要依靠海外进口**，从而导致行星滚柱丝杠价格较高，提高人形机器人整机制造成本。

行星滚柱丝杠核心技术难点

滚柱螺纹与
轮齿相位匹
配

行星滚柱丝杠装配难度较大，困难在于确保滚柱螺纹与齿轮齿对齐，同时允许顺序安装多个滚柱。

力学分析体
系

目前关于行星滚柱丝杠的各种分析主要局限于效率、寿命和承载能力，没有建立完整的刚度、强度分析体系。

摩擦、润滑
和热问题

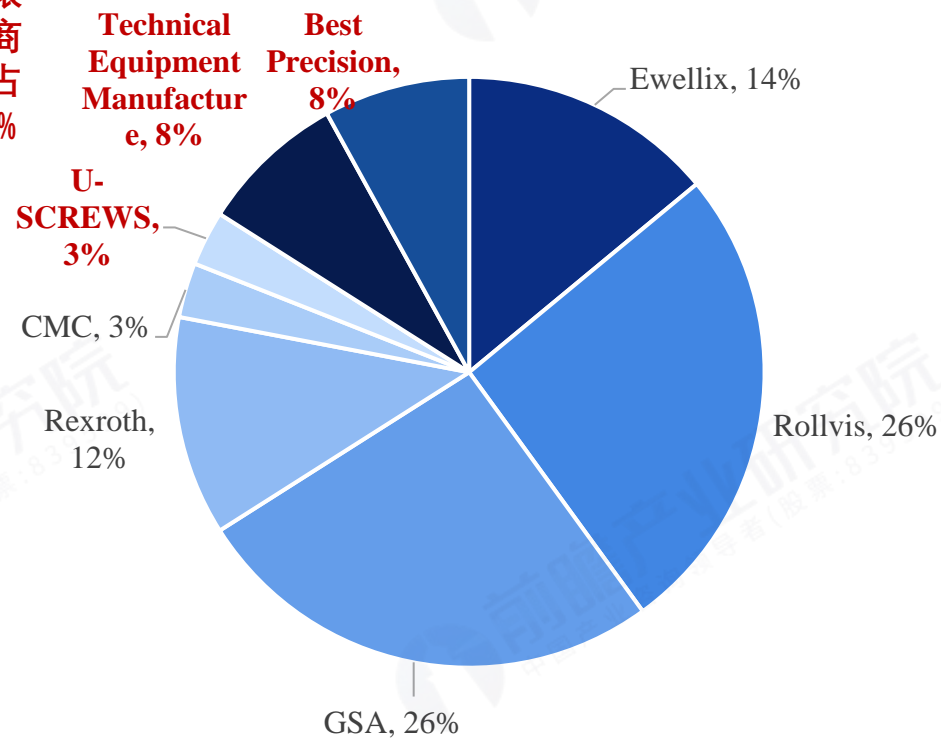
加工行星滚柱丝杠时，因其依赖滚动摩擦传递动力，需注意摩擦与磨损。

作为部件设计时的匹配问题

行星滚柱丝杠通常作为电动机执行器的执行部件，而电动机执行器广泛应用于各行各业，对电动机执行器的诸如重量、润滑等要求更高。

中国行星滚柱丝杠市场份额情况（单位：%）

国内行星滚柱丝杠厂商市场份额占比仅为19%



注：相关机构暂无披露最新数据，此处为2022年数据。

4.2.1 成本挑战：人形机器人制造成本较高

目前，本田、NASA与通用汽车、波士顿动力等人形机器人产品成本或售价均超过200万美元，其他企业的人形机器人产品成本或售价也相对较高。马斯克表示，**人形机器人的成本至少要控制在2万至3万美元之间才能实现量产**。相比之下，当前的人形机器人距离实现量产还有一定的差距。

国内外部分人形机器人产品成本

研发团队	代表产品	成本/售价	研发团队	代表产品	成本/售价
本田	AS IMO	约250万美元	KAIST、Rainbow Robotics	DRC-Hubo+	32万美元
NASA、通用汽车	Robonaut 2	约250万美元	RoboCub 联盟、意大利理工学院	i Cub	30万美元
波士顿动力	Atlas	约200万美元	川田工业、日本产业技术研究院	HRP-4	30万美元
PAL Robotics	TALOS	约90万欧元	韩国科学技术院	Kibo	27万美元（仅硬件）
北京理工大学	汇童机器人系列	70万美元（BHR-3M型号）	Agility	Digit	低于25万美元
苏黎世大学	Roboy	约50万美元	Figure	Figure-01	10万-20万美元之间
UT Austin、Meka Robotics	Dreamer	40万美元	1X	EVE	约15万美元
Meka Robotics	M1	32万美元（取决于配置）	Engineered Arts	Ameca	超过13万美元

资料来源：移动机器人产业联盟 前瞻产业研究院整理

4.2.1 成本挑战：人形机器人维护成本较高

人形机器人的维护保养涵盖了日常清洁维护、定期检查、关键零部件的更换、以及设备检查和维修等方面。尽管人形机器人可以带来效率的提升等其他好处，但其较高的维护成本是不可忽视的一个方面。

定期检查

定期检查范围包括机器人的机械结构、电气系统、控制系统等方面的全面检查，及时发现和解决问题。

关键零部件的更换

如行星滚柱丝杠、传感器等核心零部件，以保证机器人的正常运行。以行星滚柱丝杠为例，国内行星滚柱丝杠厂商市场份额占比仅为19%，国内市场主要依靠海外进口，价格昂贵。

日常清洁维护

操作人员需要定期对机器人的各个部位进行清洁和维护工作，并检查各部位有无裂缝或损坏情形。

设备检查和维修

企业需要制定合理的维护计划和保养周期，定期进行全面的设备检查和维修。

01

02

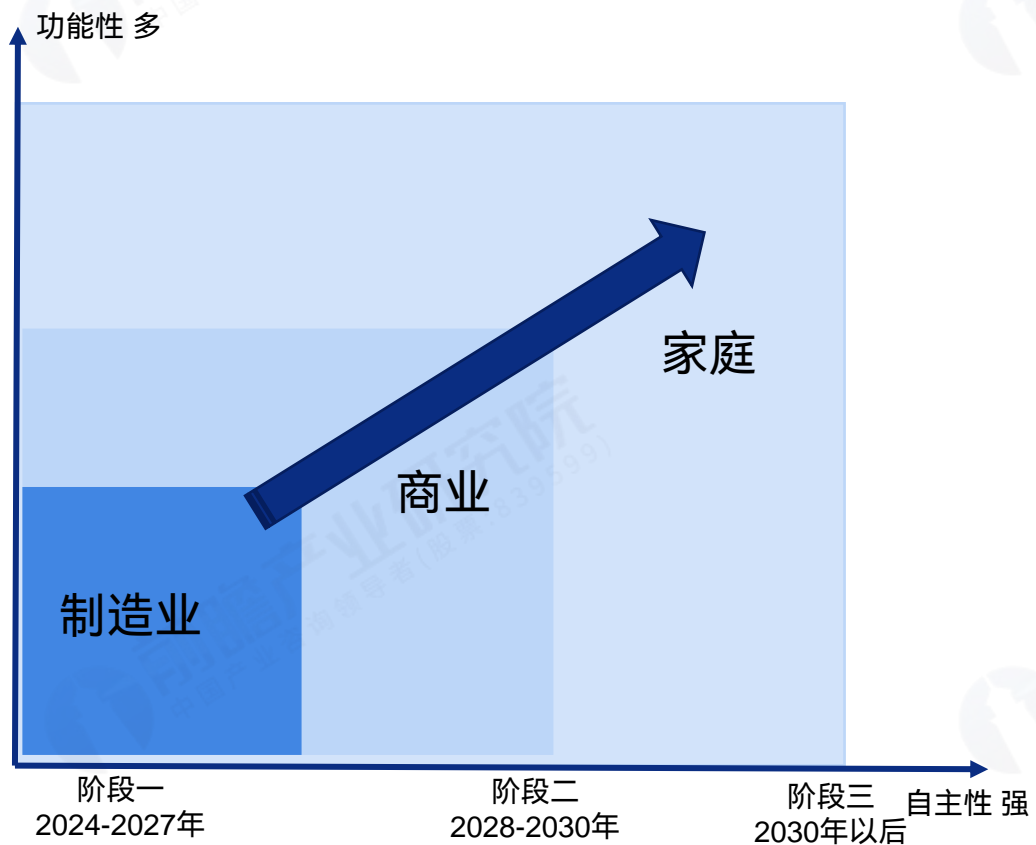
03

04

维护成本

4.2.2 应用挑战：人形机器人无法适应多场景的不同需求

目前人形机器人无法适应多场景的不同需求，受限于交互能力及协同能力等技术的发展，**人形机器人的市场渗透较低，只能从环境相对封闭，工序相对简单且标准的场景开始**，有标准的操作流程，有明确的评判标准，在自动化发展受限的情况下，替代部分的人工。



人形机器人潜在场景及需求特征

	制造业	服务业
应用场景 (潜在)	<ul style="list-style-type: none"> 结构化工序（装配、检测、维护等） 非结构化工序（人-机-环境协同） 如汽车小型零部件总装、整车总装等，补充原有工业机器人无法实现的精细组装环节，增强人机交互能力，提升不同场景 	<ul style="list-style-type: none"> 提供综合家政服务（如做饭、打扫等多功能综合） 提升人机交互可靠安全性（复杂区域引导、灵活操作、鲁棒行走、多模态人机交互）
落地潜力	<ul style="list-style-type: none"> 中短期潜力较大，落地应用预计优先释放 目前已有人形机器人企业与车企进行联动，将汽车生产工厂作为首要落地场景，应用潜力较大 	<ul style="list-style-type: none"> 中短期潜力居中，人机协同技术要求较高、落地应用逐步释放 家政服务市场需求较大，但市场认可度待持续开发
精准度	<ul style="list-style-type: none"> 制造环节为标准化流程，但对于总装等环节的细节处理要求较高 	<ul style="list-style-type: none"> 非标准化场合，对于人形机器人的灵活性要求高，精准度要求居中
人机交互	<ul style="list-style-type: none"> 主要用于生产环节，需要有一定的人机交互能力 	<ul style="list-style-type: none"> 面向群体为人，对于人机交互能力要求更高
技术壁垒	<ul style="list-style-type: none"> 运动控制能力，手部精细化操作能力 	<ul style="list-style-type: none"> 对于不同场景、不同群体适配性要求更高，模型训练及泛化能力要求更高，研发时间更长

4.2.3 安全与伦理挑战：行业安全等相关标准尚未形成

现有标准主要聚焦于机器人领域，关于人形机器人的标准仍处于在研或者拟研制状态，整体来看，**市场缺乏人形机器人相关标准规范。**

A-基础共性相关标准

二级	标准号/计划号	标准名称	状态
AA 术语	ISO 8373-2021	《机器人 词汇》	发布
	--	《人工智能 人形机器人术语》	拟研制
AB 参考架构 --		《人工智能 具身智能云边端参考架构》	拟研制
	ISO 18646:2021	《服务机器人的性能标准和相关测试方法》	发布
AC 测试评估	ISO 5363:2024	《机器人 外骨骼型行走RACA机器人的试验方法》	发布
	GB/T 37242-2018	《机器人噪声试验方法》	发布
	GB/T 38326-2019	《工业、科学和医疗机器人 电磁兼容抗扰度试验》	发布
	--	《人工智能 人形机器人成熟度分级》	拟研制
	--	《人形机器人智能能力评估》	拟研制
--	--	《人形机器人服务能力评估》	拟研制

B-基础支撑相关标准

二级	标准号/计划号	标准名称	状态
BA 零部件	GB/T 30819-2014	《机器人用谐波齿轮减速器》	发布
	SJ/T 11852-2022	《服务机器人用锂离子电池和电池组通用规范》	发布
	GB/T 43199-2023	《机器人多维力/力矩传感器检测规范》	发布
	--	《人工智能 深度学习芯片测试指标与测试方法》	拟研制
BB 子模块	--	《人工智能 灵巧手通用要求》	拟研制
	--	《人工智能 灵巧手智能能力评估》	拟研制
BC 数据	--	《人形机器人训练数据采集规范》	拟研制
	--	《人工智能 具身智能数据结构规范》	拟研制
	--	《具身智能数据集质量评估》	拟研制
BD 操作系统	GB/T 33264-2016	《面向多核处理器的机器人实时操作系统应用框架》	发布
	--	《人形机器人操作系统技术要求》	拟研制
	--	《人形机器人操作系统性能测试指标及评估方法》	拟研制
	--	--	--

资料来源：人工智能标准化技术委员会 前瞻产业研究院整理

4.2.3 安全与伦理挑战：行业安全等相关标准尚未形成

C-关键技术、D-产品与服务相关标准				E-行业应用、F-安全与治理相关标准			
二级	标准号/计划号	标准名称	状态	二级	标准号/计划号	标准名称	状态
CA 感知	20231694-Q-450	《作业场所环境气体检测报警仪通用技术要求》	在研		GB/T 38871-2020	《工业环境用移动操作臂复合机器人通用技术条件》	发布
	--	《人形机器人触觉感知能力要求》	拟研制	EA 制造	--	《面向制造业的人形机器人功能要求》	拟研制
CB 认知	--	《人工智能 具身智能大模型系统技术要求》	拟研制		--	《人工智能 机器人仿真测试场景要求 第1部分:工业制造》	拟研制
	--	《人工智能 具身智能大模型评测指标与方法》	拟研制	EB 医疗	--	《面向医疗业的人形机器人功能要求》	拟研制
CC 决策	ISO 18646-2:2019	《机器人 服务机器人性能规范及其试验方法 第2部:导航》	发布		--	《面向教育业的人形机器人功能要求》	拟研制
	--	《人工智能 具身智能大模型系统技术要求》	拟研制	ED 教育	--	《人工智能 机器人仿真测试场景要求 第4部分:教育行业》	拟研制
CD 执行	--	《人形机器人运动能力评估》	拟研制		--	《面向物流业的人形机器人功能要求》	拟研制
CE 交互	GB/T 36464.1-2020	《信息技术 智能语音交互系统 第1部分:通用规范》	发布	EF 物流	--	《人工智能 机器人仿真测试场景要求 第6部分:物流行业》	拟研制
	--	《人工智能 具身智能系统技术规范》	拟研制		ISOMECS 8200:2024	《信息技术 人工智能 自动化人工智能系统可控性》	发布
CF 学习	--	《人工智能 自主学习机器人通用要求》	拟研制	FA 安全	ISO/FDIS 10218-1.2	《机器人技术 安全要求》	在研
DA 整机集成	--	《人形机器人通用体系结构》	拟研制		ISO/IECTR 5469	《人工智能功能安全与人工智能系统》	在研
DB 智能服务	--	《人形机器人服务能力评估》	拟研制		--	《人形机器人安全通则》	拟研制

资料来源：人工智能标准化技术委员会 前瞻产业研究院整理

4.2.3 安全与伦理挑战：人形机器人存在伦理问题

人形机器人在给人提供便利的同时，也因其拟人化外观造成自身发展的困境，给人类社会带来一定的伦理风险。具体包括基于工效需要可能产生的伦理问题与满足情感需要可能产生的伦理问题。

基于工效需要可能产生的伦理问题

✓ 人形机器人使用中的风险问题

人形机器人的机械结构与其拟人外观并不能完全匹配，使得人形机器人的很多功能并不尽如人意，实际情况远未达到公众的期望和目标，让使用者感受到欺骗。

✓ 人形机器人的不当使用对隐私保护的影响

在利益的强大驱动力下，结合人形机器人本身算法的不透明和信息容易被传播的性质，人形机器人获取的个人信息等数据资源极易在未经过当事人同意的情况下遭到披露，给人的信息和数据安全造成负面影响。



满足情感需要可能产生的伦理问题

✓ “恐惑谷”效应

人形机器人的拟人逼真程度增加，人对人形机器人的好感程度也会随之增加；但逼真性达到一定界限时，人对人形机器人会产生恐怖、疑惑的感觉。

✓ 虚拟与现实情感混淆的问题

满足情感需要的人形机器人有其适用范围，超出其适用范围的过度使用可能会让人混淆虚拟情感与现实情感，对人形机器人产生错误认识和不合理期望。

✓ 对人形机器人的认知偏差

形象和动作都高度拟人的人形机器人易使认知能力较弱的人将对他人的感知转移到人形机器人身上，导致其产生感知错乱。

产业 榜单

5.1 2024中国人形机器人新质生产力系列榜单说明

5.2 2024中国人形机器人新质生产力系列榜单详情

- ◆ 2024年人形机器人新质生产力潜力十大榜单
- ◆ 2024年人形机器人新质生产力投资者十大榜单
- ◆ 2024年人形机器人新质生产力关键技术十大榜单
- ◆ 2024年人形机器人新质生产力上市企业十大榜单
- ◆ 2024年人形机器人新质生产力创新十大榜单
- ◆ 2024年人形机器人新质生产力商业化十大榜单
- ◆ 2024年人形机器人新质生产力城市高地十大榜单

5.1 2024中国人形机器人新质生产力系列榜单说明



2024年，中国人形机器人企业哪家强？排行榜单见分晓！

为了深入洞察人形机器人产业发展状况及挖掘“种子”企业，前瞻产业研究院作为新质生产力评价指标体系指导单位，依托深厚的行业积淀和前瞻性的市场洞察，重磅发布《2024年中国人形机器人新质生产力系列榜单》，通过系统的评选与表彰，树立行业标杆，推动技术创新与产业化进程，提升行业的整体影响力与市场认知度。

评选维度：

★ 企业市值

★ 创新能力

★ 关键技术布局

★ 融资能力

★ 投资规模

★ 产业化水平

★ 地区集聚水平

5.1 2024中国人形机器人新质生产力系列榜单说明

深度洞察七大核心领域 以权威视角表彰引领者与创新者

2024年人形机器人新质生产力 上市企业十大榜单

聚焦资本舞台，遴选人形机器人领域领军上市企业
展现其在新质生产力构建中的资本驱动与技术创新双重实力

2024年人形机器人新质生产力 创新企业十大榜单

以创新为翼，挖掘行业最具颠覆性创新力企业
引领人形机器人技术前沿，塑造未来产业格局

2024年人形机器人新质生产力 商业化企业十大榜单

从实验室到市场，评选出商业化落地最成功的典范
彰显人形机器人产业价值转化与市场需求对接的卓越能力



2024年人形机器人新质生产力 潜力企业十大榜单

发掘潜力新星，这些企业虽未完全崭露头角
却蕴含着推动人形机器人行业跨越发展的无限可能

2024年人形机器人新质生产力 投资者十大榜单

透视投资风向标，表彰在人形机器人领域精准布局
助力产业成长的杰出投资者

2024年人形机器人新质生产力 关键技术十大榜单

技术为王，聚焦人形机器人核心技术突破
致敬那些在关键领域取得决定性进展的科研机构与企业

2024年人形机器人新质生产力 城市高地十大榜单

地域赋能，盘点人形机器人产业发展高地，揭示哪些城市
以其独特的产业生态、政策支持成为行业创新的沃土与孵化器

前瞻中国产业

FORWARD

2024年人形机器人新质生产力 潜力十大榜单

公司	主体公司	核心团队背景
宇树科技	杭州宇树科技有限公司	全球首家公开零售高性能四足机器人、全球销量领先
智元机器人	上海智元新创技术有限公司	天才少年“稚晖君”创立
星动纪元	北京星动纪元科技有限公司	清华大学交叉信息研究院孵化
众擎机器人	深圳市众擎机器人科技有限公司	中国第一批腿足式机器人研究与产业落地团队
自变量机器人	自变量机器人科技(深圳)有限公司	清华大学、北京大学团队
星海图	星海图(苏州)人工智能科技有限公司	清华大学团队
卓益得机器人	上海卓益得机器人有限公司	上海理工大学团队
加速进化	北京加速进化科技有限公司	清华大学团队
逐际动力	深圳逐际动力科技有限公司	加州大学伯克利分校等国内外知名高校团队
月泉仿生	京达奇月泉仿生科技有限公司	吉林大学团队



FORWARD

2024年人形机器人新质生产力 投资者十大榜单

投资方	投资对象
联想创投	星动纪元、戴盟机器人
深创投	宇树科技、理工华汇、银河通用机器人
基石资本	智元机器人、自变量机器人等
高瓴创投	星海图、千觉机器人
经纬创投	钛虎机器人、星尘智能、宇树科技
中关村科学城	宇树科技、加速进化
峰瑞资本	动易科技、逐际动力、源络科技
绿洲资本	千寻智能、逐际动力
弘晖资本	众擎机器人、千寻智能
蓝驰创投	智元机器人、银河通用机器人



FORWARD

2024年人形机器人新质生产力 关键技术十大榜单

企业	企业主体	关键技术
双环传动	浙江双环传动机械股份有限公司	RV减速器
绿的谐波	苏州绿的谐波传动科技股份有限公司	谐波减速器
天链机器人	四川天链机器人股份有限公司	谐波减速器、行星丝杆
奥比中光	奥比中光科技集团股份有限公司	3D视觉传感器
昊志机电	广州市昊志机电股份有限公司	谐波减速器、伺服电机
秦川机床	秦川机床工具集团股份公司	行星滚柱丝杆
巨轮智能	巨轮智能装备股份有限公司	RV减速器
中大力德	宁波中大力德智能传动股份有限公司	精密减速器、电机驱动
新时达	上海新时达电气股份有限公司	运动控制、伺服驱动
汇川技术	深圳市汇川技术股份有限公司	伺服驱动系统



FORWARD

2024年人形机器人新质生产力 上市企业十大榜单

公司	主体公司	市值（截止至2024年12月19日收盘数据）
领益智造	广东领益智造股份有限公司	622.33亿元
优必选	深圳市优必选科技有限公司	387.38亿港元
天奇股份	天奇自动化工程股份有限公司	57.2亿元
江苏雷利	江苏雷利电机股份有限公司	122.48亿元
鼎智科技	江苏鼎智智能控制科技股份有限公司	57.09亿元
三花智控	浙江三花智能控制股份有限公司	901亿元
拓普集团	宁波拓普集团股份有限公司	860.72亿元
双环传动	浙江双环传动机械股份有限公司	246.88亿元
鸣志电器	上海鸣志电器股份有限公司	234.91亿元
雷赛智能	深圳市雷赛智能控制股份有限公司	97.23亿元



FORWARD

2024年人形机器人新质生产力 创新十大榜单

公司	主体公司	代表性专利技术
优必选	深圳市优必选科技有限公司	人形机器人全栈式技术能力
领益智造	广东领益智造股份有限公司	模切结构件、金属结构件、散热模组和软包结构件等
小鹏汽车	广州橙行智动汽车科技有限公司	仿人结构设计、自研图灵AI芯片等
宇树科技	杭州宇树科技有限公司	高性能关节电机与减速器等
小米科技	小米科技有限责任公司	全身控制算法、Mi-Sense深度视觉模组等
上海智元新创	上海智元新创技术有限公司	机器人关节模组
达闼机器人	达闼机器人股份有限公司	云端大脑、海睿操作系统等
追觅科技	追觅科技(苏州)有限公司	高度仿生设计、先进的交互与感知技术等
傅利叶智能	上海傅利叶智能科技有限公司	灵巧手与触觉反馈等
三花智控	浙江三花智能控制股份有限公司	机电执行器



FORWARD

2024年人形机器人新质生产力 商业化十大榜单

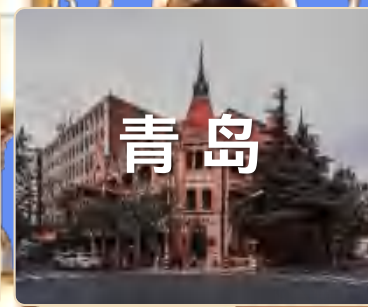
公司	主体公司
优必选	深圳市优必选科技有限公司
小鹏汽车	广州橙行智动汽车科技有限公司
宇树科技	杭州宇树科技有限公司
傅利叶智能	上海傅利叶智能科技有限公司
上海智元新创	上海智元新创技术有限公司
乐聚机器人	乐聚(深圳)机器人技术有限公司
开普勒	上海开普勒机器人有限公司
灵宝CASBOT	北京中科慧灵机器人技术有限公司
银河通用	北京银河通用机器人有限公司
星海图	星海图(苏州)人工智能科技有限公司



FORWARD

2024年人形机器人新质生产力 城市高地十大榜单

城市
北京
上海
深圳
杭州
广州
青岛
苏州
宁波
成都
东莞



应用 案例

6.1 优必选人形机器人案例

6.2 智元人形机器人案例

6.1 优必选人形机器人案例

公司介绍



◆ 优必选科技成立于2012年3月，是人形机器人的领导者和智能服务机器人的领航企业。优必选布局了人形机器人全栈式技术，并在此基础上开展智能服务机器人解决方案的研发、设计、智能生产和商业化应用，涵盖了多个行业的企业级和消费级广泛应用场景。

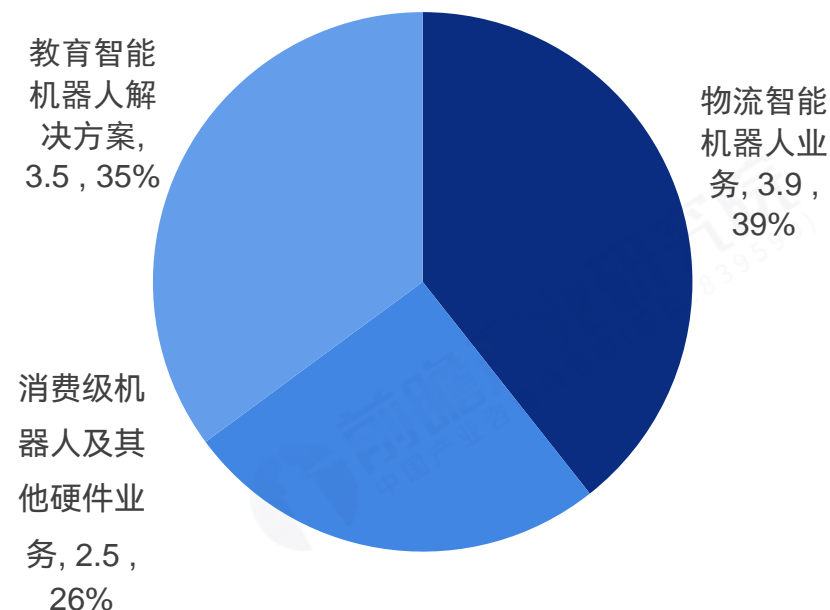
重点关注技术

◆ 优必选人形机器人工业场景解决方案

- ✓ 工业场景垂域大模型技术
- ✓ 计算机视觉感知
- ✓ 语义VSLAM导航
- ✓ 学习型全身运动控制
- ✓ 多模态人机交互
- ✓ 机器人本体结构设计
- ✓ 高性能一体化关节

◆ 公司是**全球极少数完成从小扭矩到大扭矩的伺服驱动器批量生产的公司**，自主研发的人形机器人Walker是**中国首个商业化双足真人尺寸人形机器人**。

2023年优必选营收情况（单位：亿元，%）



资料来源：公司官网 前瞻产业研究院整理

6.1 优必选人形机器人案例

商业化程度

- ◆ 2024年以来，优必选聚焦汽车、3C等制造业重点领域，提升人形机器人工具操作与任务执行能力，在全球率先与东风柳汽、吉利汽车等汽车企业合作，在典型制造场景实现规模化深度应用，构建人形机器人应用生态。
- ◆ 伴随此次Walker S1进入全球新能源汽车销量第一的比亚迪实训，**标志着优必选已迈向人形机器人工厂实训新里程。**



商业化挑战

- ◆ 优必选在人形机器人领域研发投入大，但该业务依然未能成为公司营收的主力。
- ◆ **虽Walker S1已进入工厂实训，但实训验证往往需要12-24个月，目前人形机器人的发展依然处于早期阶段。**
- ◆ 国外竞争对手如特斯拉的Optimus等也在快速推进技术应用，优必选所面临的人形机器人市场竞争较激烈。

未来发展规划

第一阶段（2023年-2024年）
以新能源汽车制造场景作为人形机器人在工业场景的切入点



第二阶段（2025年-2027年）
优必选人形机器人将逐步拓展至中等难度任务，重点打造3-5个专用场景下的应用



第三阶段（2028年-2033年）
优必选人形机器人将进一步拓展到较为复杂的任务场景，具备超过10+种技能

6.2 智元人形机器人案例

公司介绍



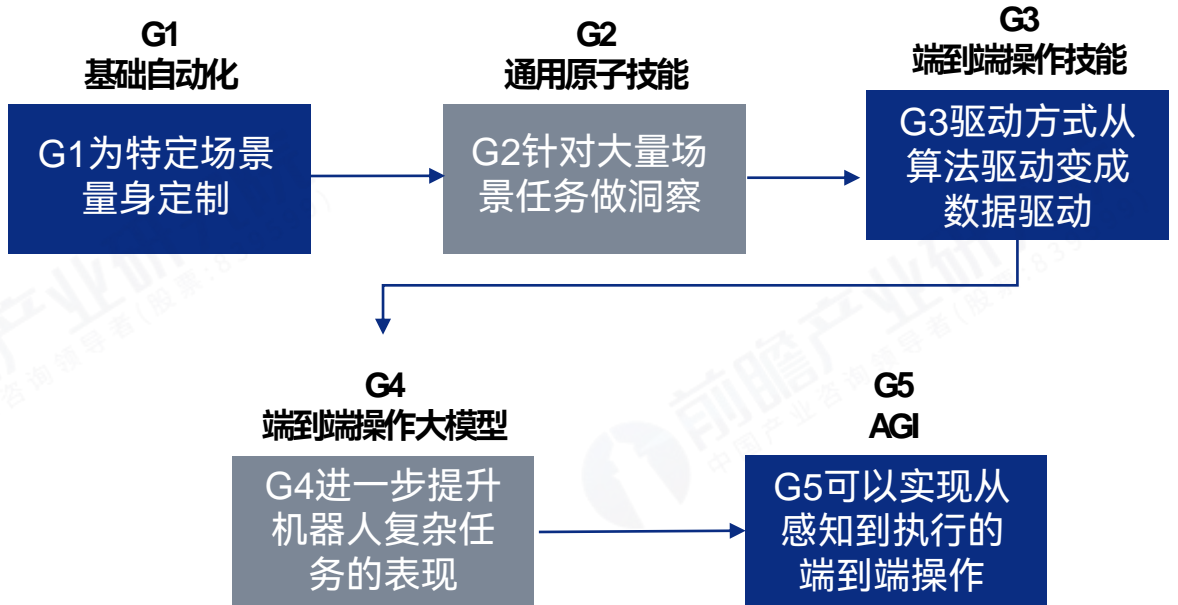
- ◆ 上海智元新创技术有限公司成立于2023年2月，是一家致力于以A1+机器人的融合创新、打造世界级领先的具身智能机器人产品及应用生态的创新企业。

商业化程度及挑战

- ◆ 2024年上半年，智元产品在部分3C半导体企业的上下料环节中，迈出了商业化的第一步。
- ◆ 智元机器人现阶段可以进工厂实训打工的机器人，还是以轮式的远征A2-W机器人为主。但远征A2-W目前仍需要大量的实景数据进行训练，才能在相应领域展开工作。

重点关注技术

- ◆ 2024年8月，智元发布具身智能G1到G5技术路线图，智元在G2路线取得了阶段性突破，实现了通用的位姿估计模型UniPose等技能。
- ◆ 在G3路线上，智元机器人形成了一套完整的全流程具身数据方案AIDEA（Agibot Integrated Data-system for Embodied AI，智元具身智能数据系统）。



FORWARD®

决策·投资,一定要有前瞻的眼光

THINK AHEAD BEFORE DECISION

前瞻产业研究院于1998年成立于北京清华园,拥有1200+国际院士智库专家、560+行业高阶研究员、6大自研大数据平台,构建“产业研究+大数据+技术洞察”的全球化优势,持续研究监测超6600+细分产业,致力于为企业、政府、科研机构,提供产业规划、产业可行性研究、产业赛道选择、产业IPO等产业咨询整体解决方案。



院长: 徐文强

加州大学伯克利分校博士

俄罗斯工程院外籍院士

国家千人计划特聘专家

深圳新质生产力评价体系指导专家



前瞻“3+2”
知识复合型实战团队

前瞻6大自研数据平台,至今已有8项发明级专利,以及68项数据专利

2.6亿+
企业大数据

3亿+
财经大数据

3000W+
产业大数据

1亿+
招商大数据

98%
政策大数据

90000+
园区大数据

26年 荣获22万+中国政府、全球巨擘企业信赖



前瞻产业研究院 (股票代码: 839599)

更懂产业的科技型决策智库

累计2200+
政府国资国企合作

搭建1200+
国际院士智库专家

中国500强
长期信赖合作伙伴

自研6.8亿+
产业大数据

完成1800+
产业规划项目

助力1000+
企业上市过会

产业规划

生物医药	新能源	现代物流
人工智能	电子信息	海洋经济
低空经济	集成电路

园区规划

经济技术开发区	高新区、自贸区
自贸区、保税区	工业园、科技园
商贸物流园	临空/港产业园
.....	

区域规划

市县总体规划	城市更新规划
十五五规划	产城融合规划
产业新城规划	乡村振兴规划
.....	

提供既科学、又前瞻、更落地的 产业咨询整体解决方案

Overall solution for industrial consulting

产业研究

可行性研究	专项市场调研
商业计划书	IPO募投可研
技术研究	市场进入研究
品牌研究	银行授信调查
.....	

产业战略规划

业务诊断	产业赛道选择
出海战略	项目投资评估
中长期规划	技术可行研判
.....	

行业地位证明

小巨人申报	专精特新申报
市占率证明	细分市场证明
白/蓝皮书

THANKS

决策·投资·一定要有前瞻的眼光

✍ 报告制作：前瞻产业研究院

👤 主创人员：廖子璇

☎ 联系方式：400-068-7188 400-639-9936

🌐 更多报告：<https://bg.qianzhan.com>



码上关注前瞻产业研究院



码上下载前瞻经济学人APP