

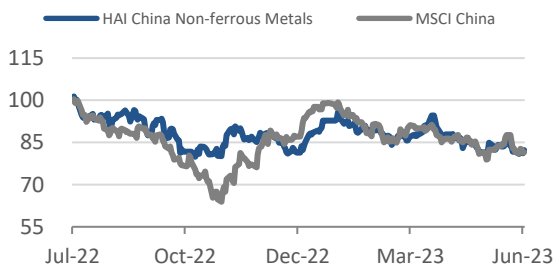
中国有色金属 China Non-ferrous Metals

机器人 50 页专题报告: 稀土永磁, 机器人浪潮下的崭新投资机遇

Robotics 50-page Special Report: Rare Earth Permanent Magnets, a New Investment Opportunity in the Robotics Wave

观点聚焦 Investment Focus

股票名称	评级	股票名称	评级
紫金矿业	Outperform	神火股份	Outperform
赣锋锂业	Outperform	天华超净	Outperform
洛阳钼业	Outperform	盛新锂能	Outperform
天齐锂业	Outperform	横店东磁	Outperform
山东黄金	Outperform	天山铝业	Outperform
中国铝业	Outperform	锡业股份	Outperform
华友钴业	Outperform	驰宏锌锗	Outperform
中金黄金	Outperform	金力永磁	Outperform
云铝股份	Outperform	东阳光	Outperform
石英股份	Outperform	川能动力	Outperform
中矿资源	Outperform	赤峰黄金	Outperform
南山铝业	Outperform	西藏矿业	Outperform
格林美	Outperform	盛屯矿业	Outperform
永兴材料	Outperform	万丰奥威	Outperform
铜陵有色	Outperform	湖南黄金	Outperform
银泰黄金	Outperform	云海金属	Outperform



资料来源: Factset, HTI

Related Reports

Presentation: 2023年5月美国新屋已开工 163.10 万套, 同比上升 5.70%, 环比上升 21.72% (U.S. New Housing Starts in May 2023 Were 1,631,000 Units, Up 5.70% YoY and Up 21.72% MoM) (25 Jun 2023)

Presentation: 金属矿产产量全梳理 (Comprehensive sorting of production of metal mining enterprises) (22 Jun 2023)

Presentation: 5月中国社会融资规模为 15600 亿元, 环比增加 27.87% (China's Social Financing Scale Increased by 27.87% to 1,560 Billion Yuan in May Compared with the Previous Month) (18 Jun 2023)

(Please see APPENDIX 1 for English summary)

1. 机器人: 是可在两个或多个轴上进行编程的驱动机制, 具有一定程度的自主性, 在特定环境中移动以执行预定的任务。

2. 驱动系统指为了使机器人能够正常运转, 必须给机器人的各个关节即每个运动自由度安置的传动装置。驱动系统可以是液压传动、气动传动、电动传动, 或者把它们结合起来应用的综合系统; **传感器**是一种检测装置, 能感受到被测量的信息, 并能将感受到的信息, 按一定规律变换成电信号或其他形式的信息输出, 是实现自动检测和自动控制的首要环节; **减速器**是一种动力传达机构, 在机器人动力系统中, 主要用于传导伺服电机的动力, 调整速度和扭矩。在机器人行业中, 应用最为广泛的为 RV 减速器与谐波减速器; **控制器**是接收来自传感器的检测信号完成指令任务的装置。机器人的控制方式包括运动控制和力控制。

3. 磁性材料, 通常分为软磁材料、永磁材料、信磁材料、特磁材料等多个不同种类。在永磁材料中, 最主流的永磁产品为铁氧体永磁材料、稀土永磁材料与金属永磁材料。

4. 高性能钕铁硼永磁材料是第三代稀土永磁材料, 具有体积小、重量轻和磁性强等特点。 它被广泛应用于工业机器人中的伺服电机当中。稀土永磁电机具有 (1) 体积小、重量轻 (2) 性能强大且稳定性强 (3) 效率高、能耗低的三大特点, 对综合性能提升显著。

5. 建议关注标的: 金力永磁。 公司一直致力于高性能钕铁硼永磁材料的研发、生产和销售, 并专注于新能源和节能环保应用领域, 是高性能钕铁硼永磁材料行业发展最快的公司之一。公司掌握着行业领先的晶界渗透技术, 且高性能钕铁硼产能预计 2025 年可达 4 万吨, 向高端化发展态势良好, 下游赛道呈现高景气。

6. 风险提示: AI 及机器人技术迭代不及预期; 贸易政策风险; 下游需求不及预期; 磁材价格剧烈波动

吴漪婕 Yijie Wu
lisa.yj.wu@htisec.com

一、机器人：引领智能化浪潮

1 概述

国际机器人协会（International Federation of Robotics, IFR）提出，机器人是可在两个或多个轴上进行编程的驱动机制，具有一定程度的自主性，在特定环境中移动以执行预定的任务。

要深入理解机器人的定义，第一个关键词是“可编程”。编写程序是执行预定任务的前提，带有可编程的计算机芯片的自动化机器在生活中也很常见。然而机器人与自动化机器最大的不同在于，自动化机器的程序编写完成之后不能随意改变，其程序一旦编写完成即被固定在内部；而机器人的程序不仅可以编制一次，且可根据需要编制任意次，根据使用者的意愿，对之可以改变、增加或删除。

第二个关键词是“驱动机制”。驱动机制是执行预定任务的必要硬件条件，可以理解为将编写好的程序执行完成的机制。机器人与其他自动化机器的区别在于它的程序可重编性和万能性，机器人与计算机的区别在于它有一个操作机构。

第三个关键词是“自主性”。一旦程序编写完成并下达执行命令后，机器人可根据现实状态和感应执行预定任务，并不需要其他人为操作。

机器人的分类方式有很多种，国际机器人协会根据使用场景将机器人分为工业机器人和服务机器人。

图1 工业机器人示例



资料来源：国际机器人协会官网，海通国际

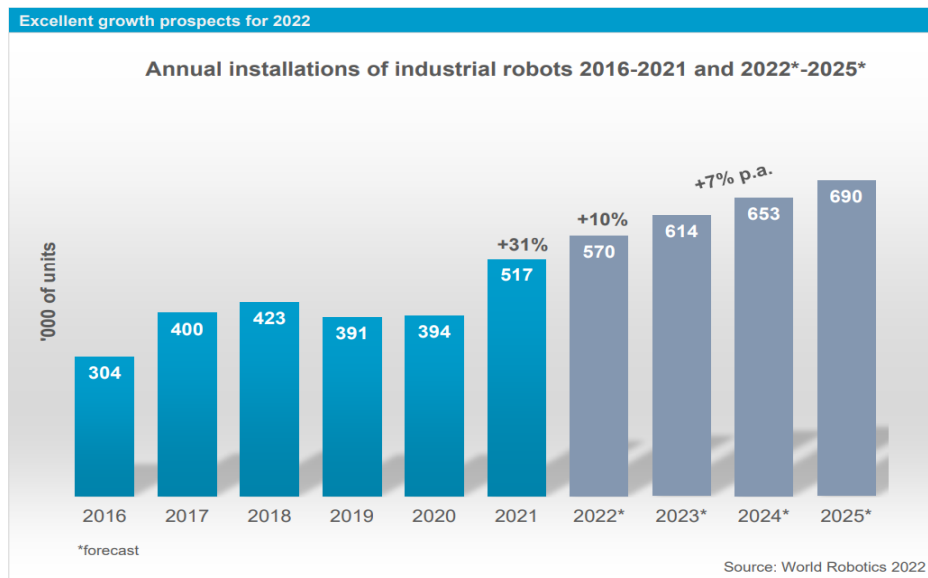
图2 服务机器人示例



资料来源：国际机器人协会官网，海通国际

据 IFR 2022 年工业机器人报告显示，世界各地工厂中运行的工业机器人已达 350 万台，同增 15%，创历史新高。2021 年全球出货量为 517,000 台，IFR 预计 2022 年将增长 10% 至 570,000 台。

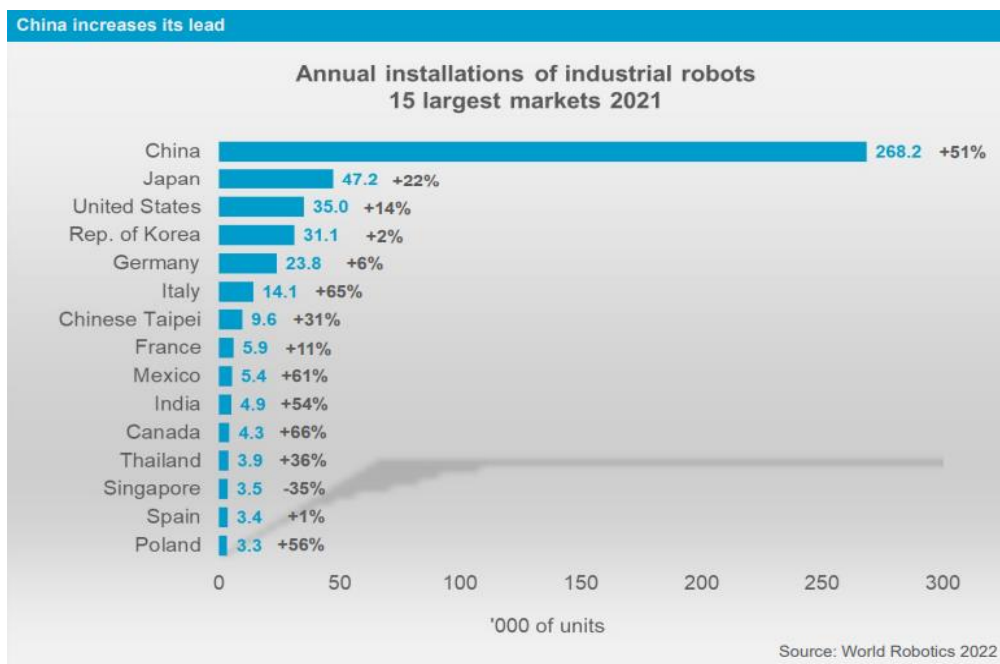
图3 全球工业机器人年出货量



资料来源：国际机器人协会官网，海通国际

分地区看，亚洲仍是全球最大的工业机器人市场。2021年所有新装的机器人中74%安装在亚洲。其中，中国贡献了最多的安装量，出货量为380,911台，是有记录以来单个国家的最高值，说明中国机器人化的速度很快。

图4 2021年工业机器人装机量排名



资料来源：国际机器人协会官网，海通国际

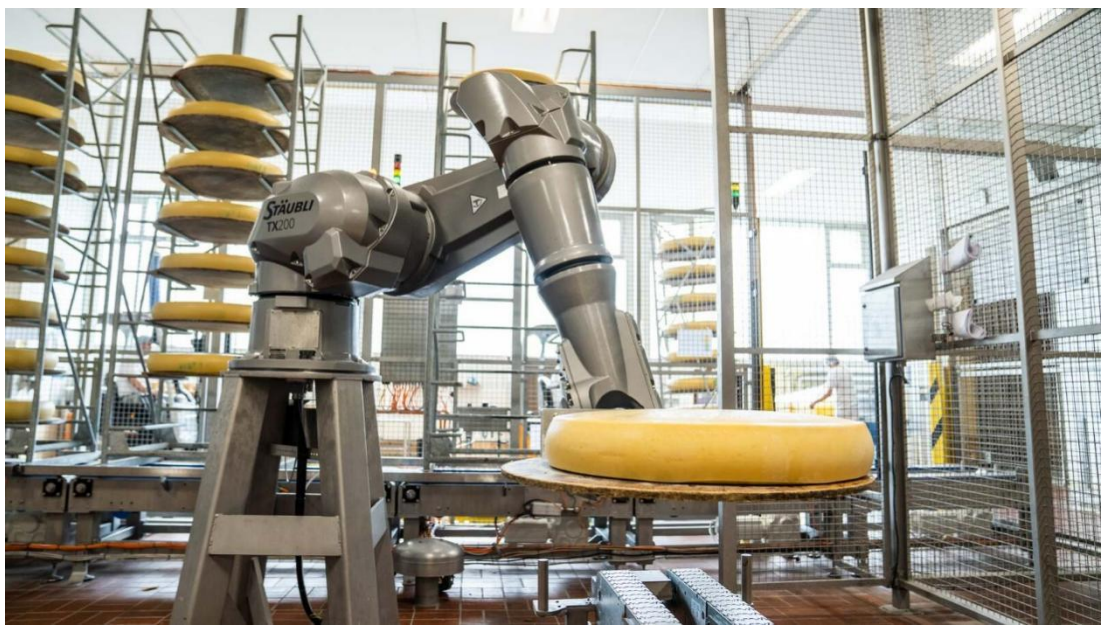
2 机器人应用案例

由于机器人有着减少工作场所给人员带来伤害、降低生产成本等优势，随着技术的成熟，机器人应用场景进一步拓展，从制造业等传统行业到医疗、智能家居行业，和人们的生活的关系越来越密切，下面介绍一些有趣的机器人应用案例。

2.1 Stäubli: 机器人 TX200L HE 辅助奶酪维护系统

为了降低储存奶酪的成本、提升奶酪的质量，位于德国阿尔高山区的 Leupolz Emmental 奶酪乳品厂引进了一个创新的全自动存储和维护系统——机器人辅助奶酪维护系统。该系统由六轴机器人 Stäubli TX200L HE 组成，该系统不仅符合严格的卫生标准，而且效率很高，一小时可处理 80 个奶酪。

图5 TX200L HE 运输奶酪示意图



资料来源：国际机器人协会官网，海通国际

2.2 Recycle Robotics: 分类回收机器人

随着回收行业的发展，机器人制造商 FANUC 和智能垃圾管理公司 Recycle Robotics 在材料回收设施中部署模块化机器人拣选系统。Recycle Robotics 以每分钟 55 次的速度执行识别、拾取和放置材料的任务，使设施的总吞吐量增加一倍。

图6 Recycle Robotics 分类垃圾示意图



资料来源：国际机器人协会官网，海通国际

2.3 Blue Ocean Robotics: UVD 消毒机器人

自新冠疫情爆发以来，清洁机器人的销量激增。丹麦公司 Blue Ocean Robotics 提供 UVD 消毒机器人，该机器人可以在医院周围自动移动发射 UV-C 光进行消毒。通过使用激光雷达传感器创建环境地图，然后操作员标记该地图，以显示哪些房间和其他区域应该或不应该消毒。

图7 UVD 消毒机器人工作示意图



资料来源：国际机器人协会官网，海通国际

此外，机器人不仅用于清洁，还用于减少人与人之间的接触，例如酒店使用机器人进行房间清洁或提供客房服务。机器人管家配备一个带有安全储物箱的移动机器人底座。将订购的物品装入存储箱，然后派送机器人。

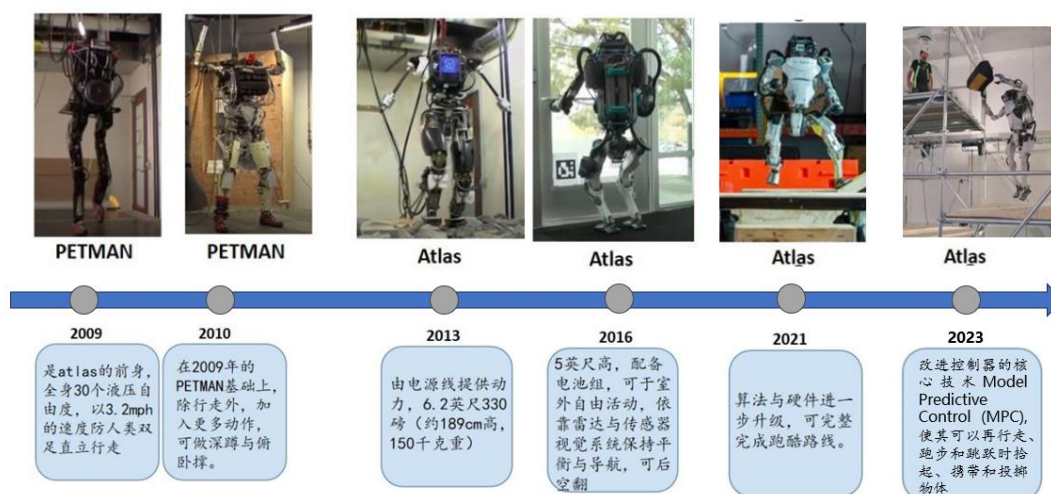
二、当前较为先进的机器人的特征及功能

1 波士顿动力公司 Atlas

波士顿动力公司（Boston Dynamics）是一家美国工程与机器人设计公司。公司产品有波士顿机械狗、Atlas 机器人、Cheetah、LittleDog、RiSE、步兵班组支援系统、PETMAN。其中，波士顿机械狗是由国防高等研究计划署（DARPA）出资，替美国军方开发的四足机器人。2021 年 6 月，现代以 11 亿美元正式完成向软银收购波士顿动力公司 80% 的控股权。

Atlas 机器人（Atlas robot）是一款基于波士顿动力公司早期的 PETMAN 人形机器人研发的双足人形机器人，由美国波士顿动力公司为主开发，并由美国国防部国防高等研究计划署（DARPA）资助和监督。Atlas 机器人专为各种搜索及拯救任务而设计，于 2013 年 7 月 11 日向公众亮相。

图8 Atlas 机器人发展历程



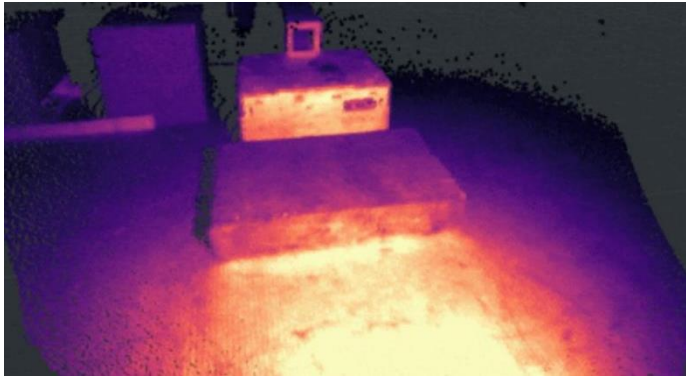
资料来源：Flatlife，海通国际

Atlas 身高 1.5 米，重 89 千克，全身由航空级铝和钛建造。四肢由电池与液压驱动，全身具有 28 个自由度，配备 RGB 摄像头与深度传感器。身体和腿部的传感器用于保持平衡，头部的光学雷达和立体传感器用于地形评估与避障。Atlas 使用 3D 打印部件为其提供跳跃和翻筋斗所需的强度重量比。其拥有世界上最紧凑的移动液压系统之一。定制的电池、阀门和紧凑的液压动力单元使 Atlas 能够为其 28 个液压接头提供高功率，从而完成高难度运动。

Atlas 先进的控制系统能够实现高度多样化和敏捷的运动，速度可达 2.5 m/s。通过实时感知、行为库与模型预测控制三技术的完美配合，Atlas 机器人能够执行如跑酷等高难度运动。

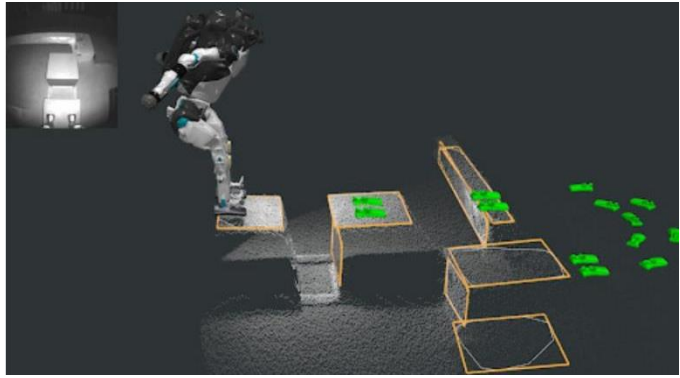
Atlas 的实时感知功能使用深度传感器生成环境的点云，来检测其周围环境。感知算法加工摄像头和激光雷达等传感器数据，以每秒 15 帧的速度生成环境的点云，然后使用多平面分割的算法从点云中提取平面，再将输出的结果输入到映射系统中，构建不同对象的模型。

图9 Atlas 机器人深度摄像头生成的点云视图



资料来源：公司官网，海通国际

图10 算法输出的 Atlas 视觉



资料来源：公司官网，海通国际

Atlas 执行的每个动作都来自轨迹优化提前创建的模板。创建行为库记录模板，并通过向库中添加新轨迹来不断向机器人添加新功能。之后，机器人从库中选择与给定目标尽可能匹配的行为组成动作。

Atlas 模型预测控制器使用机器人动力学模型来预测机器人运动，并相应地进行调整运动。在确定感知障碍与给出行动计划后，模型预测控制器填补执行计划所需的细节，以应对环境、脚滑或其他实际因素的差异。

表 1 Atlas 信息

特征	设计用于室外和建筑内部。全身动态稳定。能够感知障碍物，并能自主或在远程操作下通过崎岖的地形。双手移动操作。电动和液压驱动。高强度重量比和大工作空间。
高度	150 厘米 60 英寸
重量	89 千克 196 磅
行走速度	2.5 米/秒
传感器	TOF/雷达/IMU 传感器/力传感器
电机	液压驱动与定制伺服阀
电池	1400-wh 电池
芯片	三个 CPU
自由度	28

来源：美国电气与电子工程师协会，波士顿动力，海通国际

2 PAL Robotics 公司 TALOS 机器人

TALOS 机器人是西班牙机器人制造商 PAL Robotics 公司研究设计的一款行走人形机器人。PAL Robotics 公司在研究、物流、零售和社交四个主要领域提供尖端技术解决方案。该公司也是欧盟机器人协会的创始成员之一。

图11 TALOS 机器人挥手



资料来源：公司官网，海通国际

PAL Robotics 设计 TALOS 的目的是让其在恶劣的工业环境下执行体力要求高且准确的任务。其初步设计目标是能与人类在工业应用中并肩作战，远期规划目标是能从事搜索和搜救工作，且能在危险工作领域代替人类。

图12 TALOS 机器人应用领域

应用领域：

未来工厂



物联网



救援



宇宙探索



资料来源：公司官网，海通国际

TALOS 是成人大小的人形机器人，其高 175 厘米，重 95 千克。该人形机器人装配了两片 Intel i7 芯片、RGB-D 摄像头、2 个扬声器和 32 个自由关节。它的每个活动关节都装配了扭矩感应器，并控制每个关节的扭矩，这让它能实现强大的感应和多接触运动。此外，“扭矩反馈-控制扭矩”的闭环系统能使 TALOS 进行全身逆动力学控制。TALOS 支持 EtherCAT 网络，该通信网络允许其以 2kHz 到最高 5kHz 的频率控制回路，使 TALOS 具有高反应性。

表 2 TALOS 信息

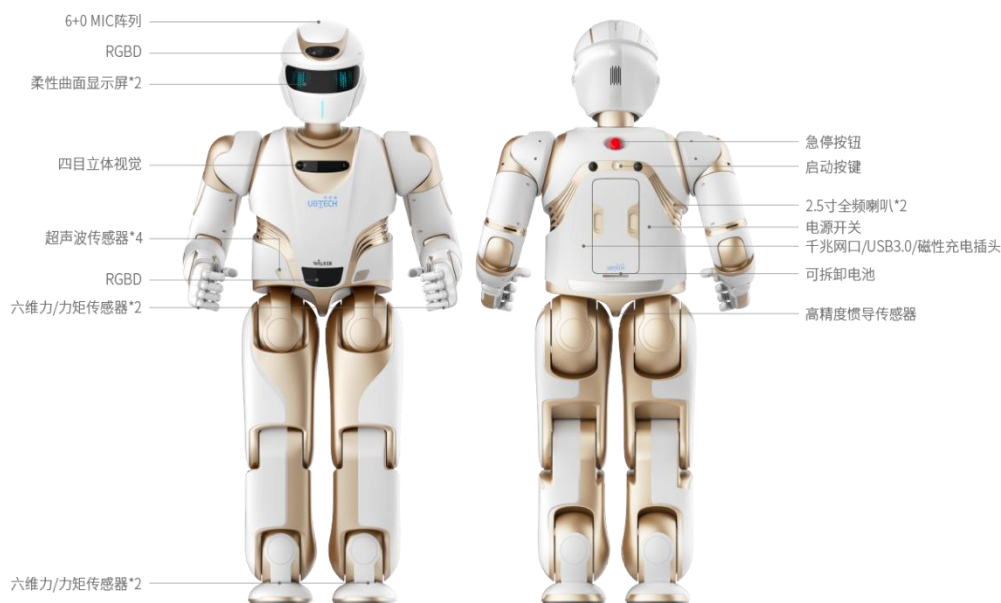
特征	所有关节配备扭矩传感器/全电动/每只手臂能够提升 6 公斤的有效载荷/完整的 EtherCAT 通信/启用 ROS/动态行走，包括在不平坦的地面和楼梯上/可以完成钻孔或拧螺丝等任务/人机交互技能。
高度	175 厘米 69 英寸
重量	95 公斤 209 磅
行走速度	3 公里/小时 1.9 英里/小时
传感器	每个关节中的扭矩传感器反馈/惯性测量单元 (IMU)/RGB-D 相机/新传感器的扩展模块。
电机	32 个高扭矩无刷直流电机
电池	1080-Wh 锂离子电池
续航	步行 1.5 小时，待机 3 小时
芯片	两个 Intel Core i7 CPU
软件	Ubuntu Linux OS, ROS LTS, OROCOS, Gazebo simulation and URDF model, Real-time ros_control loop at +1 kHz, MoveIt!
自由度	32 (腿: 6 DoF x 2; 手臂 7 DoF x 2; 抓手: 1 DoF x 2; 腰部: 2 DoF; 颈部: 2 DoF)
成本	900,000 欧元 (约)

来源：美国电气与电子工程师协会，海通国际

3 优必选 Walker X

优必选成立于 2012 年，是一家专注于人工智能和人形机器人研发的全球性高科技创新企业。2019 年，其核心产品 Walker 系列机器人被美国知名的机器人行业媒体《The Robot Report》评选为“值得关注的 5 大人形机器人”，是中国机器人厂商在世界范围人形机器人领域的一个代表性产品。2021 年，Walker X 首次亮相世界人工智能大会 WAIC，成为该系列的第四代产品。

图13 优必选 Walker X 机器人



资料来源：公司官网，海通国际

从外观上看，Walker X 高度模仿人的身体结构，身高 1.3 米，体重 63 公斤，41 个高性能伺服驱动关节，面部 160°环绕 4.6K 高清双柔性曲面屏。整体外部光滑圆润，没有明显的棱角，关节部位没有外露的机械限位结构，非常符合其家庭服务的定位。此外，Walker X 具备开放、灵活、丰富、便捷的 AIoT 接口，能够依据用户习惯和场景，自主控制灯光、冰箱等常见的 AIoT 设备，全方位满足智能家居场景的应用。

从环境感知技术上来看，Walker X 配置四目系统和双 RGBD 传感器，基于多目视觉传感器的 3D 视觉定位，采用 Coarse-to-fine 的多层规划算法、第一视角实景 AR 导航交互及 2.5D 立体避障技术，能够实现动态场景下的全局最优路径自主导航。此外，基于深度学习的物体检测与识别算法、人脸识别算法和跨风格人脸数据生成技术，Walker X 可在复杂环境中识别人脸、手势、物体等信息，丰富准确的理解和感知外部环境。

从行走能力来看，Walker X 凭借 41 个高性能伺服驱动关节，能够实现 3km/h 的最大行走速度。虽然速度不快，但能精准地控制运动的幅度和角度，具备在碎石地、草坪等不平整地面平稳行走的能力，以满足不同家庭场景的需要。另外，内置的行走平衡控制系统也使其能够在单腿站立或行走时抵抗外来干扰，落足稳定柔顺，拥有极强的稳定性。

目前 Walker X 已完成多项商业应用，能在科技馆中胜任讲解员的工作。2020 迪拜世博会中国馆就采用 Walker X 担任“智能导览讲解员”，通过前沿 AI 技术介绍中国最高科技成果，呈现智慧生活的创新变革趋势。在央视春节联欢晚会和深圳特区 40 周年晚会中，Walker X 还作为特邀嘉宾登台亮相，展示了自己的“舞蹈才艺”。不过，Walker X 的造价高达 10 万美元（约合 67 万元人民币），要想真正打开消费级市场走进家庭，还有很长一段路要走。

图14 优选 Walker X 机器人核心功能



资料来源：公司官网，海通国际

表 3 Walker X 主要参数

身高	130cm	视觉&导航	定位精度 10cm, 导航精度 20cm, 精定位精度 1cm
重量	63kg	连接	Wi-Fi: 802.11a/b/g/n 5G/2.4 GHz 双频
自由度	腿 6*2; 臂 7*2; 手 6*2; 颈*3		Ethernet: 千兆 RJ45 接口
伺服关节	转矩: 4.5Nm-200Nm		EtherCAT: 高速实时总线
	转速: 30rpm-90rpm		USB: 高速 3.0 端口
行走	最大行走速度: 3km/h	电源	锂电池 54.6V/10Ah/3.6kg
	最大平整适应: 3cm		充电: 2h; 使用(综合工况): 2h
	最大上下台阶高度: 15cm	处理器	Intel i7 8665U 频率 1.9Ghz*2
	最大上下斜坡角度: 20°		NVIDIA GT1030 显卡, 384 核心
操作	负载: 伸展状态单臂 1.5kg	软件系统	软件框架: ROSA
	臂展: 单臂 600mm		操作系统: Ubuntu+Linux RT Preempt+Android
			仿真平台: Webots

资料来源：公司官网，海通国际

4 Agility Robotics 公司 Digit 机器人

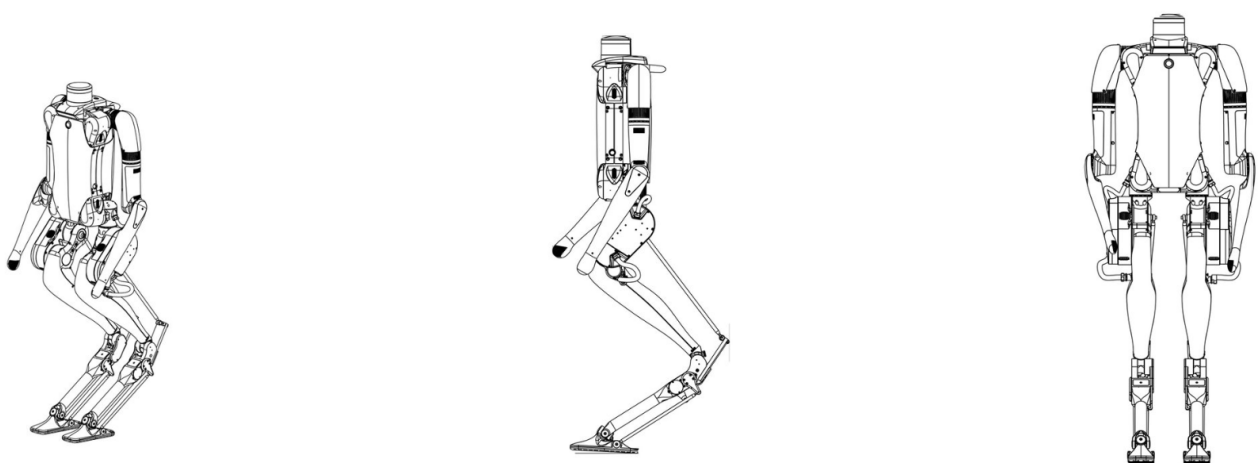
Agility Robotics 成立于 2015 年，公司目标是为物流、远程呈现、自动化检查、娱乐和研究等应用场景开发功能强大的双足机器人。该公司第一个机器人于 2016 年发布，是一个名为 Cassie 的双足动态步行机器人，可穿越崎岖的地形并越过障碍物。Digit 于 2019 年推出，是 Agility 公司推出的第二款机器人，也是第一个商业化出售的双足机器人。其外观与一个成年人类似，可借助 LIDAR 和其他传感器进行半自动导航，相比 Cassie 配备了一个躯干以及一对手臂，用于平衡，移动和操纵，其手臂可以搬动 18kg 的箱子。Digit 可应用于多种行业，包括物流、仓储、工业环境等。

Digit 于 2020 年第一季度上市，解决了传统机器人的移动限制，可以在人类设计的环境中工作。此外，Digit 具有强大的行走和跑步步态，可在非结构化环境中移动。其主要功能包括：

- (1) 上身带有集成感应；
- (2) 配备 2-DOF 支脚，可在各种表面上改善平衡性和稳定性；
- (3) 增添带有两个 4-DOF 手臂的上躯干；
- (4) 配备密封接头，适合全天候户外作业；
- (5) 拥有经 UN 38.3 认证的电池，可用于空运货物；
- (6) 全面的 API 软件，可利用其控件和视觉算法来开发最终用户应用程序。

在续航方面，Digit 机器人由轻质材料制成，一次充电，即可全天工作。此外，如果 Digit 机器人遇到意外障碍，会向自动驾驶车辆发送求救信号，寻找解决方案，当无法解决时，它会进一步发送信号申请人工帮助。

图15 产品外观



资料来源：公司官网，海通国际

表 4 Digit 主要参数

	产品参数
身高	175cm
重量	65kg
最大速度	1.5m/s
电池容量	1,000W-h
轻型运行时间	3 小时
重负荷运行时间	1.5 小时
可进行动作	向前/后、并肩行走、转弯、蹲下、上下斜坡、穿越非结构化地形（草地、岩石等）

资料来源：公司官网，海通国际

目前，Digit 可以在已知的映射空间中定位自己，识别要获取并带回的包裹，自主从货架或地板上取回包裹，避开障碍物并在建筑物中导航，将包裹带回。其解决了自主交付行业所面临的一项关键挑战，即如何将包裹从车辆运送到客户的交付地点，同时一定程度上解决了困扰美国企业的劳动力短缺问题。虽然 Digit 没有任何判断力或创造力，只能做非常具体的机器人工作，但人们可以设计特定软件应用程序，控制 Digit 完成工作。

三、 动力之源：机器人的驱动系统

驱动系统指为了使机器人能够正常运转，必须给机器人的各个关节即每个运动自由度安置的传动装置。驱动系统可以是液压传动、气动传动、电动传动，或者把它们结合起来应用的综合系统；可以直接驱动或者通过同步带、链条、轮系、谐波齿轮等机械传动机构进行间接驱动。

工业机器人的驱动系统，按动力源分为液压、气动和电动三大类，根据需要也可由这三种基本类型组合成复合式的驱动系统，这三类基本驱动系统的各有自己的特点。

1 电机驱动

机器人电动伺服驱动系统是利用各种电动机产生的力矩和力，直接或间接地驱动机器人本体以获得机器人的各种运动的执行机构。

控制用电机是电气伺服控制系统的动力部件。它是将电能转换为机械能的一种能量转换装置。机电一体化产品中常用的控制用电机是指能提供正确运动或较复杂动作的伺服电机。

1.1 机器人电机须符合的主要要求

机器人关节的运转对驱动电机提出了较高要求，在灵活度上，要求其有最大功率质量比和扭矩惯量比、高起动转矩、低惯量；在性能上，伺服电动机须有较高的可靠性、稳定性，同时需能快速响应，具有较高的可靠性和稳定性；在动作上，能够控制特性的连续性和直线性；在速度上，要求较宽广且平滑的调速范围；在形态上，体积小、质量小、轴向尺寸短，且能经受得起苛刻的运行条件。

1.2 机器人驱动系统中常用的电机

机器人驱动系统常采用的电机大致可细分为以下几种：直流伺服电机(DC Servo Motor)、交流伺服电机(AC Servo Motor)、步进电机(Stepping Motor)。

图16 机器人常用电机类型



资料来源：海通国际

1.2.1 直流伺服电动机

直流伺服电动机，分为有刷直流伺服电机和无刷直流伺服电机。有刷直流伺服电机，优点是成本低，结构简单，启动转矩大，速度调节范围宽，控制容易，维护方便。缺点是会产生电磁干扰，对环境有要求。无刷直流伺服电机，具备体积小，重量轻，出力大，转动平滑，力矩稳定，高速且灵敏等优势，容易实现智能化，其电子换相方式灵活，可以方波换相或正弦波换相。电机免维护，不存在碳刷损耗的情况，效率很高，运行温度低，不易产生火花，噪音小，电磁辐射小，寿命相对较长。

应用场景方面，有刷直流伺服电机由于其成本较低，可用于对成本敏感的普通工业和民用场合。无刷直流伺服电机凭借其结构简单、运行可靠且效率高、调速性能好等特点，适用于各种对精度要求高的场合。

1.2.2 交流伺服电动机

交流伺服电动机，包括同步型交流伺服电动机及异步型交流伺服电动机等。异步型交流伺服电动机有三相和单相之分，通常多用鼠笼式三相感应电动机，主要为了使伺服电动机具有较宽的调速范围和快速响应的性能。其优点为结构简单，质量轻，噪声小，省去了昂贵的永磁体，价格相对便宜。缺点为难以实现平滑调整速度，控制系统成本高。同步型交流伺服电动机的复杂程度介于感应电动机与直流电动机二者之间。其定子装有对称三相绕组，转子由绕组形成的电磁铁构成，根据结构不同分为电磁式及非电磁式两大类。其无需励磁电流，没有励磁损耗，提高了电动机的效率和功率密度。

应用场景方面，交流伺服电动机凭借其速度高、惯量小、转动平滑、力矩稳定等特点，多用于如印刷设备，激光加工，机器人，机床设备，机械手，自动化生产线等对位置、控制精度、速度、力矩有较高要求的领域。

1.2.3 步进电动机

步进电动机，将电脉冲信号转变为角位移或线位移的开环控制元件，包括永磁式(PM)、反应式(VR)和混合式(HB)。反应式步进一般为三相，可实现大转矩输出，步进角一般为 1.5 度，但噪声大、振动幅度大，已在 80 年代被欧美等发达国家淘汰；混合式步进是指混合了永磁式和反应式的优点，分为两相、三相和五相，是工业运动控制运用最常见的电机。当步进驱动器接收到一个脉冲信号，就会驱动步进电机按设定的方向转动固定角度。

步进电机没有电刷、维护方便、寿命长，停止、正转、反转容易控制；控制精度由相数、拍数决定；低速时易出现低频振动现象，运转平稳性不足；输出力矩随转速升高而下降，一般不具备过载能力；加速性能欠佳，不适用于快速启动场合。其广泛应用于 ATM 机、喷绘机、刻字机、写真机、喷涂设备、医疗仪器及设备、计算机外设及海量存储设备、精密仪器、工业控制系统、办公自动化、机器人等领域，特别适合要求运行平稳、低噪音、响应快、使用寿命长、高输出扭矩的应用场合。

图17 电机类型、特点、原理、控制方式

电机类型	主要特点	构造与工作原理	控制方式
直流伺服电机	只要接通直流电即可工作，控制简单；启动转矩大、体积小、转速和转矩容易控制、效率高，需要维护和更换电刷。	由永磁体定子、线圈转子、电刷和换向器构成。通过电刷和换向器使电流方向不断随着转子的转动角度而改变，实现连续旋转运动。	主要有两种：电枢电压控制、励磁磁场控制。转速控制采用电压控制方式。转矩控制采用电流控制方式。
交流伺服电机	发热少，高速控制，高精度位置控制。运行平稳、噪音小。没有电刷和换向器、不需维持。驱动电路复杂。	按结构分为同步电机和异步电机，转子是由永磁体构成的为同步电机，转子是由绕组形成的电磁铁构成的为异步电机。无刷直流电机，结构与同步电机相同，特性与直流电机相同。	分为电压控制和频率控制两种方式。异步电机通常采用电压控制方式。
步进电机	直接用数字信号进行控制，与计算机的接口比较容易；没有电刷、维护方便、寿命长；启动、停止、正转、反转容易控制。能量转换效率低，易失步。	按产生转矩的方式可分为永磁体式（PM），可变磁阻式（VR），和混合式（HB）。PM式产生的转矩较小，多用于计算机外围设备。HB式能够产生较大转矩，因此应用最广。	单相励磁：精度高，但易失步。 双相励磁：输出转矩大，转子过冲小，常用方式，但效率低。 单-双相励磁：分辨率高，运转平稳。

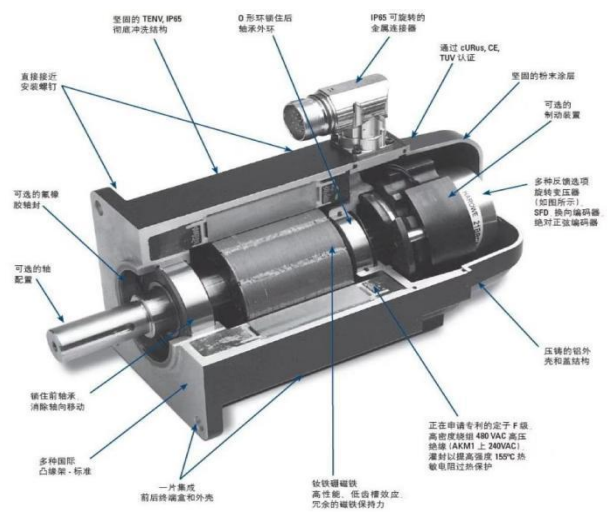
资料来源：同心制造网，海通国际

图18 24/48/72VDC 低压直流伺服电机图



资料来源：中国制造网，海通国际

图19 交流伺服电机组成及结构图



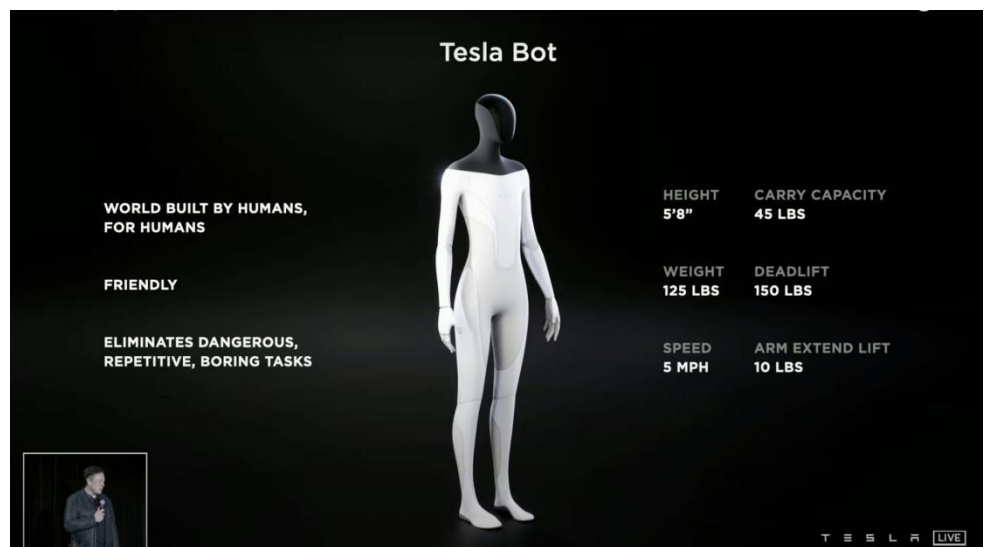
资料来源：电工之家，海通国际

1.3 纯电机驱动的机器人

1.3.1 特斯拉 Optimus 机器人

特斯拉机器人身高 5 英尺 8 寸，重量 125 磅，时速 5 英里，具有和人差不多的身高、体重和行走速度。拥有多达 40 个机电一体化的执行器，其中手臂 12 个、脖子 2 个、躯干 2 个、手部 12 个和腿部 12 个一体化电机的执行器机构，意味着可以灵活完成各种人类动作。由此可见，机器人系统中最重要的运动性能靠的是电机执行器的负载能力和响应速度，而且随着功能增加和动作的丰富，需要更多大小不一、性能不同的电机一体化执行器。

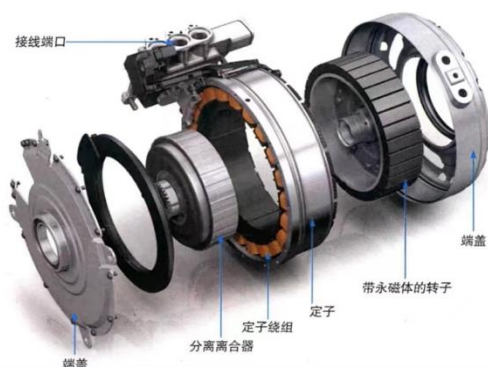
图20 特斯拉 Optimus 机器人



资料来源：特斯拉，海通国际

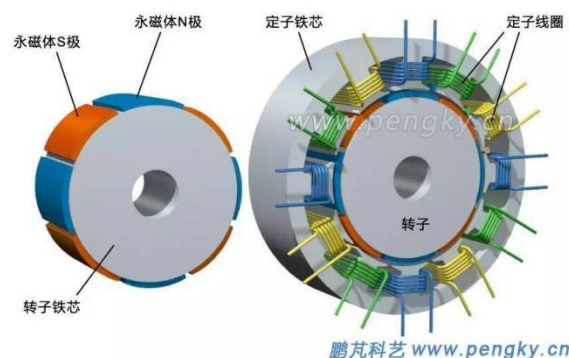
特斯拉机器人搭载永磁同步电机，体积小效率高，但容易退磁，成本较高。电机主要由定子、转子以及机械结构组成。永磁同步电机指的是定子上的线圈通电后产生的磁场能带动永磁体（转子）进行同步旋转，转子的转速也能够与旋转磁场的转速相同，不容易造成转速损耗。优点是体积小，效率高，但是一旦速度增加，永磁体产生反电势，导致高温，强震动就容易退磁。因此不适合在高速下使用。此外，永磁同步电机主要用稀土中的高性能钕铁硼永磁材料，成本较高。

图21 永磁同步电机构造图



资料来源：搜狐汽车，海通国际

图22 永磁同步电机的定子和转子构造图

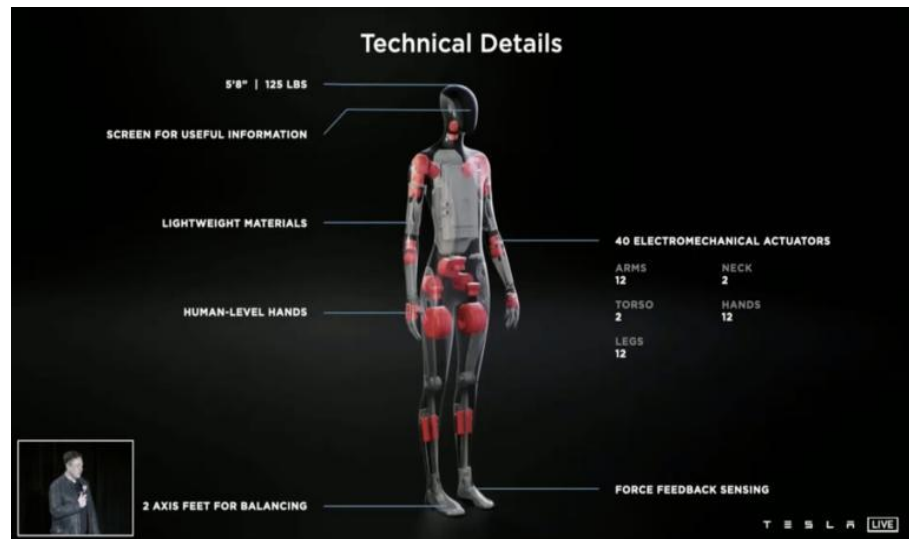


资料来源：鹏芘科技，海通国际

特斯拉在自动驾驶就研发了 IPM-SynRM，是内置永磁体的同步磁阻电机。永磁同步电机不适合在高速下使用。大型机械设备通常使用同步磁阻电机，在转子中嵌入铁，使转子处于低磁阻状态，适合高速运转。

因此，特斯拉将这两种电机结合，永磁体代替铁嵌入转子，结合了共同的优点。在低速时它能作为永磁电机运转，在高速时又是一台磁阻电机，改善了电子线圈切割转子磁场的情况。

图23 特斯拉 Optimus 公开概念细节图

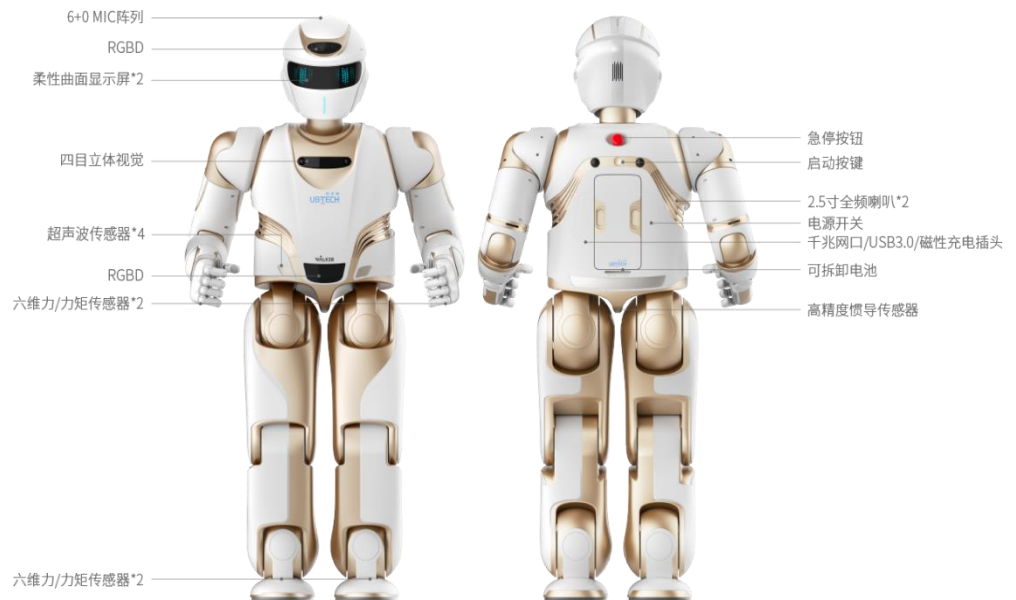


资料来源：特斯拉，海通国际

1.3.2 优必选 Walker X 机器人

Walker X 高度模仿人的身体结构，身高 1.3 米，体重 63 公斤，41 个高性能伺服驱动关节，面部 160°环绕 4.6K 高清双柔性曲面屏。整体外部光滑圆润，没有明显的棱角，关节部位没有外露的机械限位结构，非常符合其家庭服务的定位。此外，Walker X 具备开放、灵活、丰富、便捷的 AIoT 接口，能够依据用户习惯和场景，自主控制灯光、冰箱等常见的 AIoT 设备，全方位满足智能家居场景的应用。

图24 优必选 WalkerX 机器人



资料来源：优必选官网，海通国际

运动控制方面，硬件上，Walker X 采用纯电机伺服，凭借 41 个高性能伺服驱动关节实现类人步态行走，其中腿部 12 个，臂部 14 个，手部 12 个，颈部 3 个。软件上，Walker X 能实现 3km/h 的最大行走速度，虽然速度不快，但能精准地控制运动的幅度和角度，具备在碎石地、草坪等不平整地面平稳行走以及斜坡、楼梯等结构化地形行走的能力，以满足不同家庭场景的需要。另外，内置的行走平衡控制系统也使其能够在单腿站立或行走时抵抗外来干扰，落足稳定柔顺，全身可背 10kg 重物或双手负载 3kg 重物行走，拥有极强的稳定性。

图25 Walker, WalkerX 和 Optimus 自由度数值对比

	腿	臂	手	颈部	总体
Walker	12	14	8	2	36
WalkerX	12	14	12	3	41
Optimus	12	12	12	2	40 (躯干 2 个)

资料来源：特斯拉，优必选官方，海通国际

2 液压驱动

液压驱动系统的工作原理是以压缩机油来驱动执行机构进行工作，包括液动机（各种油缸、油马达）、伺服阀、油系、油箱等基本组成部分。液压驱动的输出力和功率很大，能构成伺服机构，常用于大型机器人关节的驱动，大多用于要求输出力较大的场合。液压驱动系统主要由液压缸和液压阀等组成。液压缸结构简单、工作可靠，是液压驱动系统的主要执行元件，可以将液压能转变为机械能、做直线往复运动或摆动运动。用液压缸来实现往复运动时，可免去减速装置，且没有传动间隙，运动平稳，因此在各种液压系统中得到广泛应用。

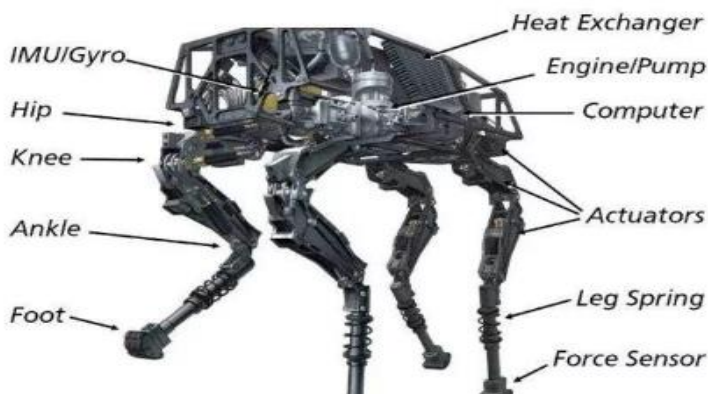
图26 液压驱动方式优缺点及适用情况

优点	缺点	适用情况
重量轻、尺寸小、动作平稳、动力大、力与惯量比大、快速响应高、易于实现直接驱动	易漏油,液压系统的液体泄漏会对环境产生污染,维护困难;不确定性和非线性因素多,工作噪声也比较大	适用于大型机器人。提供高功率,快速响应

资料来源：海通国际

波士顿动力 Bigdog 采用的是液压驱动方式，是一款四足仿生机器人，每条腿有 4 个自由度：小腿和大腿各一个纵向自由度，分别由一个液压缸驱动；胯部有纵向和横向两个自由度，由两个液压缸驱动，全身共 16 个自由度。爬行速度最高达 10km/h，最大可攀爬 35 度斜坡，能够适应各种不同地质环境，最大承载达 50kg。该机器人长 1m，高 0.7m，自重 75kg，单腿四个自由度全部采用液压设计，最大负重约 154kg，能够适应复杂的地形，并且能够高速奔跑跳跃，具有很高的环境适应性和灵活性。

图27 波士顿动力四足机器人 Bigdog



资料来源：波士顿动力官网，海通国际

波士顿动力的 Atlas 机器人也采用液压驱动方式。Atlas 全身的 28 个自由度均由液压驱动实现，具体表现为：单腿 3 个自由度、单脚踝 2 个自由度、腰腹 2 个自由度、单臂 6 个自由度、腕部和机械手各 1 个自由度。

图28 波士顿动力人形机器人 Atlas



资料来源：波士顿动力官网，海通国际

Atlas 身高 1.5 米，重 89 千克，全身由航空级铝和钛建造。四肢由电池与液压驱动，全身具有 28 个自由度，配备 RGB 摄像头与深度传感器。身体和腿部的传感器用于保持平衡，头部的光学雷达和立体传感器用于地形评估与避障。Atlas 使用 3D 打印部件为其提供跳跃和翻筋斗所需的强度重量比。其拥有世界上最紧凑的移动液压系统之一。定制的电池、阀门和紧凑的液压动力单元使 Atlas 能够为其 28 个液压接头提供高功率，从而完成高难度运动。Atlas 先进的控制系统能够实现高度多样化和敏捷的运动，速度可达 2.5 m/s。通过实时感知、行为库与模型预测控制三技术的完美配合，Atlas 机器人能够执行如跑酷等高难度运动。

3 气压驱动

气压驱动的工作原理基本上是以气体为工作介质，弹性腔体在气压和结构约束的作用下，在一定的空间维度上产生各种形式的运动。弹性腔体通常采用易于拉伸弹性材料，或者不可拉伸但易于折叠的薄壳或薄膜结构。根据其不同的形式特点，可以分为以下几种驱动器。

图29 不同种类气动驱动器的工作原理

驱动器类型	主要原理	应用场景
嵌入式纤维增强驱动器	内置纤维增强结构，通过缠绕一组或多组纤维并加入硅胶等柔性基体，实现嵌入的柔性基体与驱动器的一体化。	仿生手臂
弹性气室驱动器	使用气压较低（通常为 0-250 kPa）的气体驱动气室产生形变和定向膨胀。	可穿戴运动康复装置
波纹结构驱动器	使用带有波纹结构的薄壳结构，通过设计改变波纹结构的方向，可以改变驱壳的刚度，从而在内部气压的作用下产生定向膨胀。	象鼻状仿生机械臂
正压展开软体驱动器	当驱动器内部空气压力增大时，被折叠或压缩的柔性气腔在内部压力的作用下可以膨胀。	行走机器人
负压屈曲折叠驱动器	其能够在内外压差的作用下发生定向的屈曲性收缩折叠，从而实现定向驱动的功能。	可穿戴外骨骼

资料来源：《气动软体机器人发展现状与趋势》，海通国际

3.1 嵌入式纤维增强驱动器

RV 其原理为内置纤维增强结构，通过缠绕一组或多组纤维并加入硅胶等柔性基体，实现嵌入的柔性基体与驱动器的一体化。这种结构的优点是体积小，并且由于纤维结构是通过柔性基体的嵌入来固定的，因此不受编织物形状的限制，具有更大的柔韧性。根据纤维多种缠绕方式，驱动器可以执行扭曲、延伸、收缩、弯曲和螺旋等运动。

德国 Festo 公司通过用柔性纤维增强复合材料代替弹性管和编织结构，开发了一种标准化的气动肌腱驱动器。这种驱动器虽然收缩率不占优势，但其制作更容易形成工业化流程，因此成功实现商业化。

图30 Festo 公司基于气动肌腱驱动器的仿生手臂

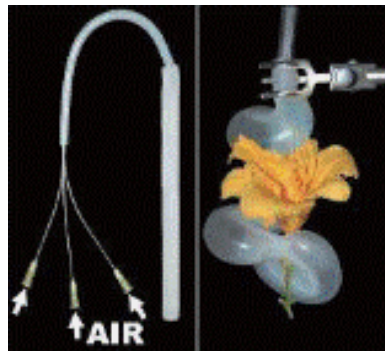


资料来源: Festo SE & Co. KG, 海通国际

3.2 弹性气室驱动器

其工作原理为使用气压较低（通常为 0-250 kPa）的气体驱动气室产生形变和定向膨胀。约束结构的原理主要是利用驱动器自身的非对称结构，如在驱动器腔壁中两侧腔壁厚度的差异，或者在驱动器内部使用硬度不同的物质，如纸张、塑料以及橡胶等。

图31 弹性流体/气室驱动器工作原理



资料来源: 《气动软体机器人发展现状与趋势》，海通国际

3.3 波纹结构驱动器

使用带有波纹结构的薄壳结构，通过设计改变波纹结构的方向，可以改变驱壳的刚度，从而在内部气压的作用下产生定向膨胀。波纹结构不仅在波纹脊谷的平行方向上保持了较大的刚度，同时能在波纹起伏方向上拥有相当大的柔性。下图为 Festo 公司使用波纹管状气动驱动器制作的躯干型仿生机械臂 BHA (bionic handling assistant)。

图32 Festo 公司基于波纹结构的气动仿象鼻柔性臂

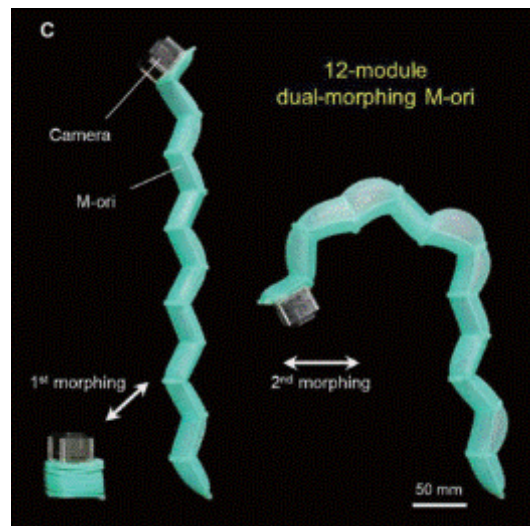


资料来源：Festo SE & Co. KG，海通国际

3.4 正压展开软体驱动器

正压驱动的折叠/褶皱气动软体驱动器的柔性气室，通常可以被折叠或压缩。当驱动器内部空气压力增大时，柔性气腔可以膨胀。这种结构主要的形式是流体折纸结构，它可以形成管状内腔，利用折叠参数与内部流体体积变化之间的复杂关系，同时实现变形和刚度的优化。此外，还有衍生的双模变形折纸结构。

图33 双模变形折纸结构



资料来源：《气动软体机器人发展现状与趋势》，海通国际

3.5 负压屈曲折叠驱动器

其能够在内外压差的作用下发生定向的屈曲性收缩折叠，从而实现定向驱动的功能。但是，驱动器必须利用腔体结构的不稳定性，这种不稳定性极易受到影响，需要特殊设计才能实现所需运动。因此，有人将“内骨骼”应用于这种驱动器，使驱动器运动的形变更明显，还提高了驱动器在其他方向上的弯曲刚度。

图34 带有“内骨骼”的气动驱动器



资料来源：《气动软体机器人发展现状与趋势》，海通国际

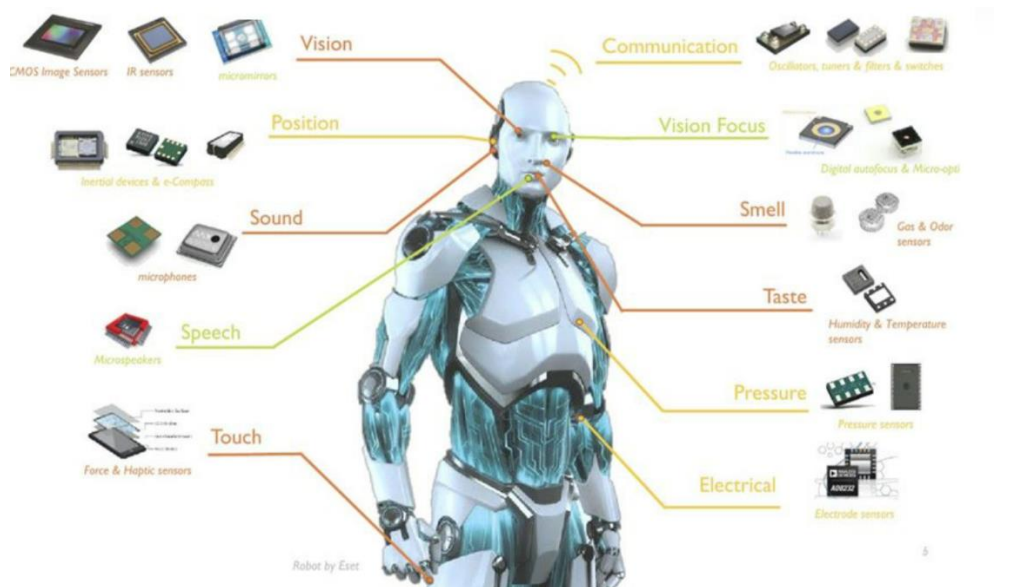
四、感知器官：核心零部件传感器

1 传感器综述

传感器是一种检测装置，能感受到被测量的信息，并能将感受到的信息，按一定规律变换成电信号或其他形式的信息输出，是实现自动检测和自动控制的首要环节。和人类一样，机器人也需要有视觉、听觉、触觉等来感知外部环境，而传感器就像人类的感官器官，可以模拟人类感觉，帮助机器人具备类似人类的知觉功能和反应能力。

根据检测对象的不同可将机器人传感器分为内部传感器和外部传感器。内部传感器一般安装在机器人机械手上，包括位置传感器、速度与加速度传感器、力觉传感器、姿态传感器等，用于感知自身的状态，如手臂间角度和移动速度，让机器人可以按照规定的位置、轨迹和速度等参数运动。外部传感器主要包括触觉传感器、视觉传感器、接近度传感器、听觉传感器、嗅觉传感器等，用于检测机器人所处的外部环境，如声音、气味和与物体之间的距离，以使机器人能与外界达成良好的交互。

图35 机器人所需感官及传感器一览



资料来源：Yole，海通国际

表 5 主要减速器原理和功能

内部减速器	功能及原理	外部减速器	功能及原理
位置传感器	包括电容式位置传感器、光电式位移传感器、电位计式位置传感器、霍尔式位置传感器、巨磁阻式位置传感器等，用于实现机器人的位置信息测量。	触觉传感器	触觉传感器是用于机器人中模仿触觉功能的传感器，可以感知物体的表面特性和物理特性，用以检测机器人与物体是否接触，以及具体接触的位置。
速度传感器	包括测量平移和旋转运动速度两种。在机器人自动化技术中，旋转运动速度测量较多，直线运动速度也经常通过旋转速度间接测量。	视觉传感器	视觉传感器通过对摄像机拍摄到的图像进行图像处理，计算对象物的特征量（面积、重心、长度、位置等），用以判断被测对象的位置和状态，通常以光纤开关、接近开关等的形式出现。
加速度传感器	加速度传感器用于测量工业机器人的动态控制信号。在静止状态可根据重力加速度在加速度计的投影值来计算各关节角度值；运动状态下通过加速度计来计算各关节输出侧的加速度。	接近度传感器	接近传感器分为无源传感器和有源传感器，用于探测机器人手和足的运动空间中有无障碍物，并检测物体表面状态和距离信息，避免机器人与物体发生碰撞。
力觉传感器	具体包括金属电阻型力觉传感器、半导体型力觉传感器、转矩传感器、腕力传感器等，用于测量两物体之间作用力的三个分量和力矩的三个分量。	听觉传感器	听觉传感器可以分为语音传感器和声音传感器两种，用于感受和解释在气体（非接触感受）、液体或固体（接触感受）中的声波。
姿态传感器	姿态传感器是基于 MEMS 技术的高性能三维运动姿态测量系统。它包含三轴陀螺仪、三轴加速度计、三轴电子罗盘等运动传感器，通过内嵌的低功耗 ARM 处理器得到经过温度补偿的三维姿态与方位等数据。	嗅觉传感器	嗅觉传感器不是机器人的通用感觉传感器，它通过模拟人的嗅觉识别气体，一般仅应用于特殊场景，例如火灾发现/消防机器人、救援机器人、食品检查机器人、环境保护机器人等。

资料来源：同心制造网，传感器专家网，海通国际

目前，多种前沿传感器技术正推动机器人产业的进步，帮助机器人适应不同应用场景，满足特定领域的需要。紧凑型分离式负温度系数 (NTC) 热敏电阻传感器通过使用陶瓷/金属复合材料的电阻特性，能够高精度地测量工业设备的温度；基于电学和微粒子触觉技术的新型触觉传感器，能让机器人拥有和人类皮肤一样的敏感触觉，帮助其胜任医疗、勘探等一系列复杂的工作；情感识别技术由人脸识别技术衍生而来，通过解读人类的面部表情，机器人能获得类似人类的观察、理解和反应能力，未来可在辅助医疗康复、刑侦鉴别等领域发挥重要作用。

2 传感器竞争格局

国产传感器目前与欧美主流传感器仍存在较大差距。传感器芯片是生产智能传感器最重要的部件之一，然而据《2020 年中国传感器发展蓝皮书》显示，中国传感器芯片高度依赖进口，进口率高达 90% 以上，做高端传感器芯片设计的企业寥寥无几，这也直接导致我国在传感器芯片研发上远远落后于欧美国家；此外，国产传感器准确度和稳定性较低，使用寿命也不及进口传感器，因此我国高端传感器市场仍被国外厂商垄断，国内多数厂商只能在中低端市场“夹缝生存”。

不过，随着物联网和智能制造的兴起以及我国对智能传感器产业扶持力度的加大，我国智能传感器产业生态逐渐趋于完备，部分国内龙头企业也具备在中高端市场上竞争的能力，包括歌尔股份、华天科技、华润微、高德红外、中航电测等。未来随着国内厂商技术持续进步、产品线进一步丰富、市场知名度持续提升，智能传感器市场国产化率有望进一步提高。

表 6 国内外厂商布局智能传感器行业

国外知名企业	
艾默生	艾默生于 1890 年在美国密苏里州成立，是一家全球技术解决方案的集团公司，主要传感器产品包括振动传感器和 PH 传感器。2022 年公司营收 196.29 亿美元，实现净利 81.88 亿美元，同增 8%。
西门子	西门子成立于德国，是全球知名的传感器制造厂商，传感器质量优良，主要产品包括温度/压力传感器和工业自动化产品中所用传感器，其 SITRANS T 温度传感器和变送器精度高、应用灵活、功能全面，可满足所需的各种温度测量。2022 财年公司实现营收 720 亿欧元，同增 8.2%。
欧姆龙	欧姆龙公司成立于日本京都，是全球知名的自动化控制及电子设备制造厂商，掌握着世界领先的传感与控制核心技术。主要的传感器产品包括温/湿传感器和开关量传感器等，其高精度位移传感器测量分辨率可达到纳米级。2022 年公司实现营收 1007 亿日元，净利 739 亿日元，同增 14.5%。
基恩士	基恩士是一家日本制造公司，作为传感器和测量仪器的主要供应商，在不断开发制造更新、更可靠的产品，以满足各制造行业的需求。主要产品包括光纤传感器、光电传感器、数字激光传感器、接触式传感器、RGB 颜色传感器、近接传感器、压力传感器等，其图像识别传感器将相机、照明、控制器融为一体，即使目标物的位置偏移也可稳定检测。2022 年公司业绩高速增长，实现总营收 63.46 亿美元，净利 25.49 亿美元，同增 53.76%。
霍尼韦尔	霍尼韦尔于 1985 年成立于美国，是传感与开关产品涵盖范围最广的厂商之一，主要的传感器产品有扩散硅压力传感器、变送器，陶瓷电容式压力变送器，扩散硅和陶瓷电容式液位变送器，数字式压力表，压力校验仪等，其新产品 HSH-RM3M 室内温湿度传感器能在最高 50°C 的条件下工作。2022 年公司实现总营收 355 亿美元。
国内知名企业	
歌尔股份	歌尔股份是中国电声元器件龙头，2020 年全年，歌尔股份在我国 MEMS 传感器领域的市场份额占比为 55.1%，基本处于行业垄断地位。歌尔传感器涵盖压力传感器（单体/防水）、交互类传感器（骨声纹/湿度/血压/组合等）和流体传感器（气流/差压）等，广泛应用于各类消费类电子产品。2022 年公司实现总营收 1048.9 亿元，净利润 17.91 亿元，同减 58%。
华天科技	华天科技是国内最早研制生产压力传感器、变送器的企业之一。其 TOF 光传感器、气体传感器、高端防水压力传感器、车载激光雷达产品已通过客户认证。2022 年公司业绩高速增长，实现总营收 119 亿元，净利 10.2 亿元，分别同减 1.6% 和 40.5%。
华润微	华润微电子是领先的半导体和智能传感器供应商，拥有 3 条 6 英寸线，其中 MEMS 产线是国内规模最大的与 CMOS 生产线兼容的 MEMS 传感器量产生产线。其产品包括 MEMS 传感器、烟雾传感器和光电传感器等，其 MEMS 压力传感器已广泛应用于消费电子和汽车电子领域。2022 年公司实现总营收 100.6 亿元，净利 26 亿元，分别同增 8.8% 和 15.1%。
高德红外	高德红外是规模化从事红外核心器件、红外热像仪、大型光电系统研发、生产、销售的高新技术上市公司，公司主要产品红外温度成像传感器广泛应用于户外夜视、仪器仪表、电力检测、消防及警用、智能家居、智能驾驶、安防监控、消费电子、检疫检验等民用领域。2022 年公司实现总营收 25.3 亿元，净利 5 亿元，同减 54.7%。
中航电测	中航电测是中国航空工业集团公司控股企业，军工 MEMS 传感器龙头企业，以研制电阻应变计、精密电阻、应变式传感器、称重仪表和软件等为主要业务。其应变式传感器广泛应用于航空航天、工商业衡器及过程控制、测试测量、消费电子、智慧物流、智能仓储、医疗健康等多个领域。2022 年公司实现总营收 19.1 亿元，净利 2.0 亿元，同减 37.9%。

资料来源：各公司官网，前瞻研究院，海通国际

五、三大核心零部件之减速器

1 减速器总述

减速器又称减速机，是一种动力传达机构，利用齿轮速度转换器，将马达的回转数减速至所需，增加扭矩，在原动机和工作机之间起着匹配转速和传递扭矩的作用。减速器与伺服电机、控制器并称为机器人三大核心零部件，在机器人动力系统中，主要用于传导伺服电机的动力，调整速度和扭矩，以精确控制机器人动作。整体来看，减速器在工业机器人总价值量中占比最大，达到总成本的 30%。随着机器人产业的进步、人形机器人的发展，自由度增加与轻量化的趋势创造了未来减速器更大的需求空间。

减速器的种类繁多，可按照齿轮形状、传动类型、传动级数、传动的布置形式、控制精度等依据进行分类。其中，在机器人领域应用最多的减速器为 RV 减速器与谐波减速器。

表 7 减速器分类

分类依据	减速器种类
齿轮形状	圆柱齿轮减速器
	圆锥齿轮减速器
	圆锥-圆柱齿轮减速器
传动类型	齿轮减速器
	蜗杆减速器
	行星齿轮减速器
传动级数	单级减速器
	多级减速器
传动的布置形式	展开式
	分流式
	同轴式减速器
控制精度	传动减速器
	精密减速器

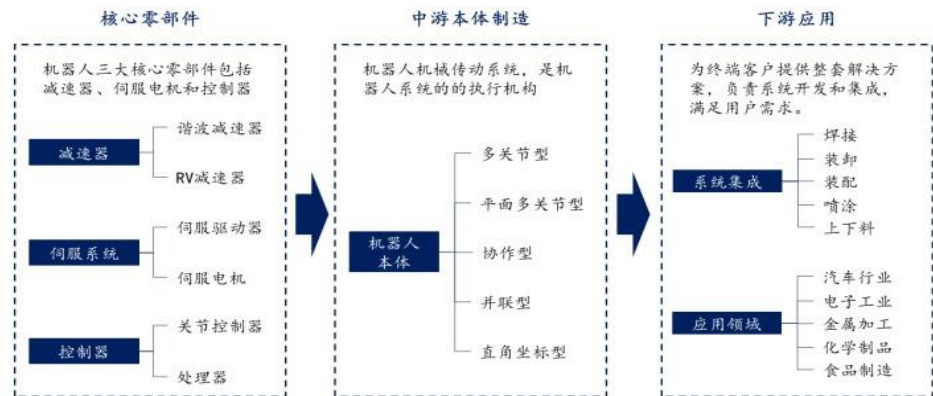
来源：前瞻产业研究院，亿欧智库，海通国际

减速器生产对技术要求严格，严重依赖进口。减速器为纯机械精密部件，对于材料、热处理工艺和高精度加工机床要求严格。而我国的减速器起步较晚，技术较为落后，严重依赖日本进口。截至 2021 年，日本企业在中国减速器市场中仍处于垄断地位：谐波减速器市场中，日本哈默纳科占据 30% 以上份额，其次绿的谐波，日本新宝、来福谐波、同川科技、中技克美等也占有一定市场份额；我国 RV 减速器市场中，日本企业纳博特斯克占据 53% 的市场份额，其次双环，市场份额为 14%。

2 精密减速器市场分析

减速器是机器人的关键零部件，位于机器人产业链的上游。同时，减速器具体下游应用产业有工业机器人、服务机器人、数控机床、航空航天、光伏设备、医疗设备。

图36 机器人产业链



资料来源：绿的谐波招股说明书，海通国际

工业 4.0 的大背景下，以美国、日本、德国为代表的世界国家和地区大力推动机器人产业的发展。近年来，全球工业机器人行业保持快速发展。据国家统计局与高工机器人产业研究所数据，2022 年中国工业机器人产量达 44.3 万台，同比增长 21%；销量为 30.3 万台，同增 15.96%，受此带动，作为工业机器人的核心零部件，精密减速器市场迎来高速发展。

全球范围内，日本精密减速器产业发展领先，哈默纳科与纳博特斯克分别在谐波减速器和 RV 减速器领域取得了市场主导地位。我国精密减速器发展较晚，GGII 数据显示，2018 年国产减速器出货量市场份额不足 30%，且产品售价较高、交货周期较长，成为制约我国工业机器人产业发展的重要瓶颈之一，国产替代的需求也日益强烈。

目前我国正处在转型升级和新旧动能转换的关键阶段，新技术、新产业、新业态、新模式、新产品、新动能加快孕育，智能制造、数字化生产成为近年来推动经济结构优化、动力转换和质量提升的重要力量。近年来，国内谐波减速器产业也在国家政策支持下不断发展，《中国制造 2025》与《机器人产业“十三五”发展规划》的制定将进一步带动机器人及相关产业的发展，受益于政策和主要下游行业的驱动，国产减速器将迎来快速发展时期。

表 8 减速器行业主要企业

减速器类别	企业名称	企业概况
谐波减速器	哈默纳科	成立于 1970 年，位于日本东京，是日本东京证券交易所上市公司（6324.T），主要从事谐波减速器、机电一体化产品、精密行星减速器等生产和销售，是整体运动控制的领军企业，其生产的谐波减速器被广泛应用于各种传动系统中，在全球工业机器人领域中有较高的市占率。2022 年实现营收 250.56 亿日元，净利润 170.30 亿日元。
	日本新宝	成立于 1952 年，总部位于日本京都，是日本电产公司（6594.T）旗下子公司，主要从事精密减速机、变速机的开发、生产和销售。
	中技克美	成立于 1994 年，注册资本 4,000 万元，位于北京市，在 2017 年于全国中小企业股份转让系统挂牌（871601.OC），主营业务包括谐波传动产品、谐波传动机电产品的制造和研发。2022 年实现营收 3413.01 万元，同增 22.4%；净利润 375.69 万元，同增 87.24%。
	绿的谐波	成立于 2011 年，从事精密传动装置研发、设计和生产，主要产品包括谐波减速器、机电一体化执行器及金属部件。公司产品主要广泛应用于工业机器人、数控机床、航空航天、医疗器械、半导体设备、新能源等领域。公司产品在中国自主品牌机器人市场占有率已经超过 60%，排名第一。2022 年实现营收 4.46 亿元，同增 0.54%；净利润 1.56 亿元，同减 17.72%。
RV 减速器	纳博特斯克	成立于 2003 年，总部位于日本，主营业务为精密减速器制造，产品在 RV 减速器领域全球市占率超过 80%，公司的精密减速器客户主要包括工业机器人和机床，其中工业机器人客户覆盖全球四大家族机器人企业以及各知名机器人厂商。2022 年实现营收 3086.91 亿日元（合 154.53 亿人民币），同增 3%；归母净利 94.64 亿日元（合 4.74 亿人民币），同减 85.3%。
	住友	总部位于日本，是住友集团旗下的建设机械厂家，日本东京证券交易所上市公司（6302.T）。1982 年进入工业机器人减速机领域，为焊接、搬运、喷涂、装配等机器人应用领域提供全面减速机产品方案。
	南通振康	成立于 1993 年，位于江苏省海门市，主营业务包为精密机械产品研发、生产，于 2015 年实现镇康 RV 减速器的首批生产，是国内较早涉足机器人用 RV 减速器的厂商。
	中大力德	成立于 2006 年 8 月，注册资本 8,000 万元，位于浙江省宁波市，2017 年于深交所主板上市（002896.SZ），主营业务为机械传动与控制应用领域关键零部件的研发、生产、销售和服务，产品包括精密减速器、传动行星减速器、各类小型及微型减速电机等。2022 年实现营收 8.98 亿元，同减 5.81%；净利润 0.66 亿元，同减 18.49%。

来源：绿的谐波招股说明书，Wind,海通国际

3 RV 减速器与谐波减速器对比分析

RV 减速器与谐波减速器同属于精密减速器，在轻负载精密减速器领域内，谐波减速器有体积小、传动比高、精密度高等特点，在人形机器人中用于肩部、肘部、腿部、腕部、腰部、颈部等几个主要关节。RV 减速器的传动原理及结构特点，使其具有大体积、高负载能力和高刚度特性的特点，其在重负载精密减速器领域内也具有一定主导地位，在人形机器人中主要用于腰部、髋部。

表 9 RV 减速器与谐波减速器对比分析

	RV 减速器	谐波减速器
结构示意图		
技术特点	通过多级减速实现传动，一般由行星齿轮减速器的前级和摆线针轮减速器的后级组成，组成的零部件较多。	通过柔轮的弹性变形传递运动，主要由柔轮、刚轮、波发生器三个核心零部件组成。与 RV 及其他精密减速器相比，谐波减速器使用的材料、体积及重量大幅度下降。
主要优势	高负载能力和高刚度特性	体积小、传动比高、精密度高
缺点	体积较大，精度略低于谐波减速器	柔轮寿命有限，不耐冲击，输入转速不宜过高
应用场景	一般应用于多关节机器人中机座、大臂、肩部等重负载的位置。人形机器人中主要应用于腰部、髋部。	主要应用于机器人小臂、腕部或手部。由于谐波减速器在除机器人以外的精密传动领域亦可广泛适用，应用行业有不断拓宽的趋势
终端领域	汽车、运输、港口码头等行业中通常使用配有 RV 减速器的重负载机器人。	3C、半导体、食品、注塑、模具、医疗等行业中通常使用由谐波减速器组成的 30kg 负载以下的机器人。
价格区间	5000-8000 元/台	1000-5000 元/台
人形机器人单机配备量	2-4 个	9-14 个
单个人形机器人应用价值量	12000 元	20000 元

来源：绿的谐波，亿欧智库，OFweek 机器人网，海通国际

六、大脑中枢：核心零部件控制器

1 控制器综述

机器人的控制器是接收来自传感器的检测信号完成指令任务的装置。机器人的控制方式包括运动控制和力控制。运动控制主要控制机器人的位置；力控制则控制机器人末端执行器的作用力与力矩，通过控制器来控制机器人的运动位置和路径。

机器人控制系统的成本占比为 12%，控制器多为机器人原厂商自行制作，行业格局国外占有主要竞争优势。目前，机器人控制系统主要厂商有发那科、库卡、ABB、安川等，国内研发控制器的企业主要有埃斯顿、固高科技、众为兴等。

表 10 机器人控制器行业主要参与者

控制器主要参与者	
国内	埃斯顿，固高科技，众为兴，汇川科技，英威腾，雷赛智能，维宏电子
国外	ABB，发那科，库卡，安川，KEBA，贝加莱，倍福，泰道

资料来源：亿欧智库，海通国际

2 控制器分类及区别

控制器控制机器人运动主要分为 PLC、嵌入式和 PC-based 三种技术路径。其中 PC-based 运动控制器是通用运动控制器的一种类型，具有系统通用性强、可拓展性好、能够满足复杂运动的算法要求、抗干扰能力和开放性强等特点。因此 PC-based 技术具有广阔的替代性，正逐渐替代前两种技术，是日后发展的主要方向。

表 11 主要控制器分类

分类	特点	应用领域
PLC 控制器	系统简单，体积小，可靠性高，但不支持复杂算法，可以通过在 PLC 平台上，添加驱动步进电机或伺服电机的位置控制模块，在为各种机械设备提供逻辑控制的同时，提供运动控制功能	可以用于圆周运动或直线运动的控制，广泛应用于各种机械、机床、机器人和电梯等行业
嵌入式控制器	涵盖从简单到复杂的各种运用，具有应用灵活、稳定性高、定制性强、价格便宜、操作和维护方便的特点	在针织机械、激光、切割、点胶机等设备制造行业有广泛的应用
PC-Based 控制卡	系统通用性强、可拓展性强，能够满足复杂运动的算法要求、抗干扰能力强，可供用户根据不同的需求，在 DOS 或 Windows 等平台下自行开发应用软件，组成各种控制系统	主要应用于电子、半导体、工业机器人、包装等领域

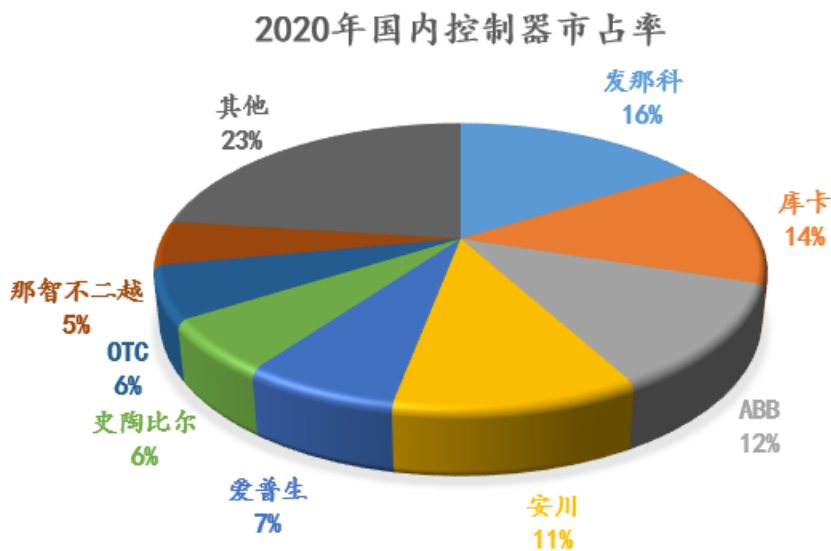
资料来源：雷赛智能招股书，海通国际

按控制器分类，西门子是 PLC 控制器市场龙头。在国内的 PC-Based 控制卡市场，高端市场由美国泰道、翠欧等外资主导，但国内品牌正逐渐发力，台湾研华和固高科技在 2019 年国内市占率分别为 16%和 13%。

3 控制器市场特点

机器人控制器市场国外主导高端市场，国内加速布局。国外控制器龙头企业四大家族发那科、库卡、ABB 和安川在 2020 年共占据国内市场份额的 53%，而国内尚未形成相当的市场竞争力。目前，控制器参与者主要分为机器人主体厂商自制自用和专门生产控制器，单独售卖两种类型，其中行业龙头公司主要采用自制自用类型，如发那科、ABB 和埃斯顿等，且此类型控制器无法适配其他机型，故机器人控制器的市场份额近似机器人主体的市场份额占比。

图37 2020 年国内控制器市占率



资料来源：埃夫特招股书，海通国际

国内外控制器的差距主要体现于软件算法开发。通过分析本田 ASIMO、波士顿、欧洲 iCUB 和 POPPY 等龙头人形机器人的控制器配置，控制器的芯片本身不存在较大技术壁垒，主要差距体现在控制器算法的开发与不断优化层面。国外领先的行业发展优势使得其收到客户问题反馈并进行算法迭代优化较迅速与成熟。而国内仍需提高品牌知名度、提高技术，来打破外资主导的竞争格局。

七、稀土永磁：机器人浪潮下的崭新投资机遇

1 磁性材料概述

“十三五”期间，我国磁性材料产业发展蓬勃发展，总产值已由 2015 年的 600 亿元增至 2020 年逾 800 亿元。近年来，我国磁性材料应用水平不断提升，稀土添加高性能铁氧体材料、新型软磁复合材料、高性能稀土永磁材料等加速发展，为我国新能源领域、高速铁路、信息化智能化发展做出了不可磨灭的贡献。我国磁性材料产业的快速发展使国际市场上的综合竞争力显著提高，在市场竞争加剧的同时，技术进步也在不断推动传统产业升级，新兴产品形态驱动产业持续发展，投资热情不断高涨。2020 年我国永磁铁氧体产量已经超过全球产量的 78%，软磁铁氧体产量超过全球产量的 73%，稀土钕铁硼永磁产量超过全球产量的 90%。

表 12 磁性材料分类

分类	特点	用途
软磁材料	矫顽力很低，因而极容易受外加磁场磁化，又容易退磁的材料	主要用于制造发电机和电动机的定子和转子；变压器、电感器、电抗器、继电器和镇流器的铁芯；计算机磁芯；磁记录的磁头与磁介质；磁屏蔽；电磁铁的铁芯、极头与极靴；磁路的导磁体等。
永磁材料	经外加磁场磁化再去掉外磁场后能长时间保留较高剩余磁性，且具有较高的矫顽力的材料	在通讯、自动化、音像、计算机、电机、仪器仪表、石油化工、磁分离、磁生物、磁医疗与健身器械、玩具等技术领域得到广泛的应用。
信磁材料	在信息技术中获得应用的磁性材料统称信息磁性材料	磁记录、磁存储、磁微波、磁光
特磁材料	除以上外，其余多种具有特殊磁性功能的材料	磁致伸缩材料、磁电阻材料、磁性液体、磁制冷材料和复合磁性材料等。

资料来源：《磁学基础与磁性材料》，海通国际

磁性材料，表示应用中要求其具有铁磁性或亚铁磁性的物质。对于磁性材料的分类标准，业界尚未能达成共识。磁性材料从材质和结构上来说，分为金属及合金磁性材料和铁氧体磁性材料两大类，而铁氧体材料又分为多晶结构和单晶结构。另一种更为普遍的分类方法则是从应用功能的层面上进行分类，通常分为软磁材料、硬磁材料（又称“永磁材料”）、信磁材料、特磁材料等多个不同种类。

在永磁材料中，最主流的永磁产品为铁氧体永磁材料、稀土永磁材料与金属永磁材料。

(1) **铁氧体永磁材料**。自 20 世纪 50 年代进入规模生产以来，基本上取代了金属永磁材料。与铝镍钴型金属永磁材料相比较，成本大大降低，但由于亚铁磁性，其饱和磁化强度不高，因此在磁性能上远低于新兴的稀土永磁材料。近年来，其产值已低于稀土永磁，但因其价格低廉，产量依然居首位。按主要成分分类，最常见的是钡（Ba）铁氧体和锶（Sr）铁氧体两种。

(2) **稀土永磁材料**。稀土永磁的发展经历了 3 个历史阶段：1967 年的 SmCo₅，1975 年的 Sm₂Co₁₇ 以及 1983 年的 Nd₂Fe₁₄B，即从一二两代的钐钴系列永磁材料转变为了第三代的高性能钕铁硼永磁材料，每一代的新型永磁材料的开发都带来了磁性能的巨大突破。钕铁硼永磁材料问世已有四十年之久，但目前第四代稀土永磁材料的开发与制备仍是业界学者的重要研究课题之一。

中国已经成为了世界第一大钕铁硼永磁材料生产国。目前而言，钕铁硼产业所衍生出来的细类主要包括烧结磁体、粘结磁体以及热压/热变形磁体。随着新能源汽车和节能电机等领域的高速发展，对永磁体综合磁性能的要求越来越高。永磁元件朝着轻型化、薄型化、集成化发展。晶界扩散是目前主流的高综合性能磁体的制备方式，通过磁控溅射、涂覆、喷涂等方式，经过热处理后，将扩散源渗入磁体内部，提高磁体表面的各向异性场，优化晶界结构，从而提高磁体的综合性能。

表 13 稀土永磁材料发展历史

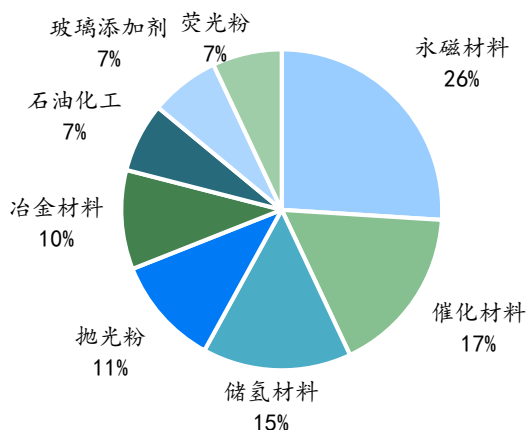
	第一代	第二代	第三代	第四代
稀土永磁	SmCo ₅	Sm ₂ Co ₁₇	Nd ₂ Fe ₁₄ B	?
晶体结构	CaCu ₅ 型六角晶系	六角或菱方结构	四方晶系	低对称晶系
研发时间	1967年	1975年	1983年	?

资料来源：《磁性材料新进展》，海通国际

2 稀土永磁在电机驱动中的应用

稀土是我国重要的战略资源，在新材料、冶金、石油化工等领域拥有广阔的应用前景。据中国稀土协会，2020年全球稀土消费量在25万吨以上，其中永磁材料占比为26%；2020年中国稀土消费量在18万吨以上，占全球总量的70%以上，其中新材料领域占比超过60%，由于受到新能源汽车、风电等高速发展的新兴行业带动，在中国稀土消费结构中，永磁材料占比达到39.21%。

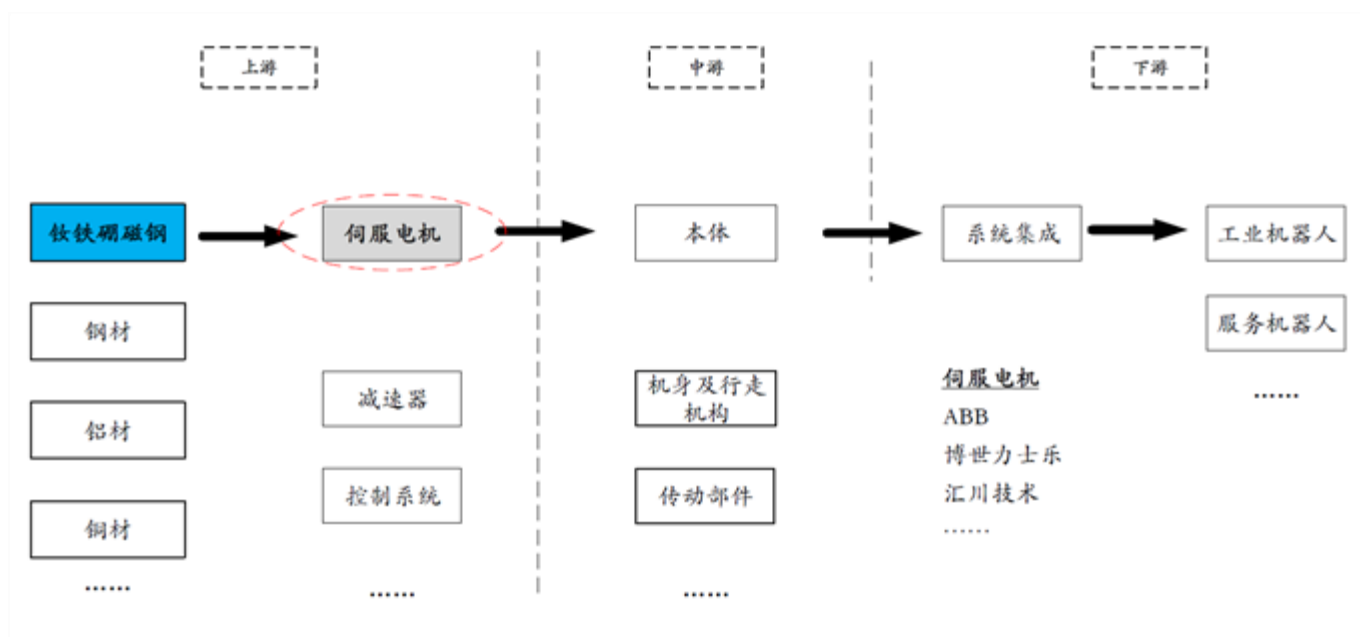
图 38 2020 年全球稀土消费结构图



资料来源：USGS，前瞻产业研究院，海通国际

高性能钕铁硼永磁材料是第三代稀土永磁材料，具有体积小、重量轻和磁性强等特点，被称为“磁王”。它将自然界中最丰富且自发磁性最强的铁与能够使铁的磁性固定在同一方向的稀土钕相结合。这种钕铁硼磁体不仅磁性强大，能够吸起自身重量1000倍的铁块，而且价格相对较低。在工业机器人中，高性能钕铁硼永磁材料被广泛应用于伺服电机，能够提高功率密度、减小电机体积，并提升相关组件的性能。因此，驱动电机作为工业机器人的核心组件，永磁同步伺服电机作为主流选择，高性能钕铁硼永磁材料则是永磁同步伺服电机的基础材料。

图39 机器人产业链全景图

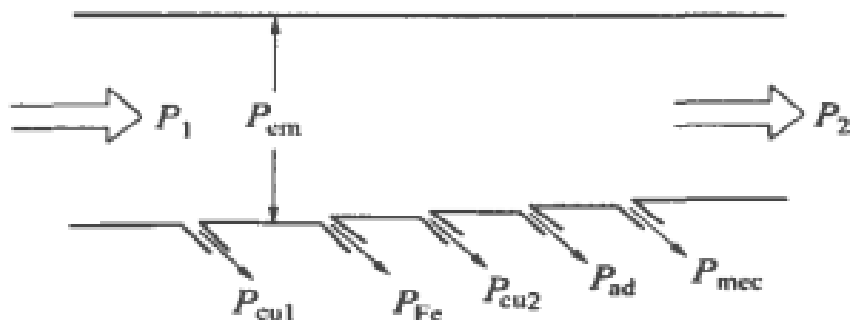


资料来源：金力永磁招股书，海通国际

电机是以磁场作为传播媒介进行电能与机械能之间的能量转换的电力机械设备。但一般的永磁体由于其磁性有限，所能转化的能量规模较小，通常被用于制造小型电机设备；与一般的永磁体电机设备相比，稀土永磁电机可以产生强大的磁场并自主实现永久的磁场传递而无需外界干涉，因此稀土永磁电机被广泛用于大型电机设备与精密电机器械中。一般来说，**稀土永磁电机具有（1）体积小、重量轻（2）性能强大且稳定性强（3）效率高、能耗低的三大特点**，对综合性能提升显著。

据《稀土永磁同步电机的节能技术分析》，在稀土永磁同步电机的运转过程中，会不断输送电功率，电功率在输入电机内部后，经过磁场的运转与其他相关因素进行综合作用，将会输出电功率。从能量传递的角度分析，稀土永磁同步电机能够有效利用机器内部的永磁体来使旋转磁场与电机内部的电功率相平衡，在拥有较高的功率因素的同时减少定子电流，避免定子电流过大，对稀土永磁电机造成影响。其次，在电子电阻旋转结构设计合理的情况下，稀土永磁同步电机也能够有效控制磁场的大小，能够保障旋转磁场与异步电机的转速相一致，减少在运行过程中出现能源损耗。此外，稀土永磁同步电机与转速磁场也具有一定的空隙，也能够一定程度上能够减少运行过程中的机器损耗。

图40 稀土永磁同步电机能量传递图



资料来源：《稀土永磁同步电机的节能技术分析》，海通国际

稀土永磁电机运转效率高且能耗低，具有极强的性价比及经济效益。据《稀土永磁材料的发展及在电机中的应用分析》，稀土永磁电机在运行中的平均节电率较普通电机能够提升 10%左右，一些专用的稀土永磁电机最高可提升 15%~20%的节电率。据测算，电机能效每提高一个百分点，每年可节约用电 260 多亿千瓦时。如果电机系统效率提升 5-8 个百分点，每年节约的电量相当于 2-3 个三峡电站的发电量。目前国内高效节能电机渗透率不到 10%，这意味着未来两年每年渗透率提升至少 10 个点。

绿色节能的稀土永磁电机，综合节能率达到 15%。据《稀土永磁同步电动机的节能应用》，在不考虑残值的情况下，相同功率的稀土电机与普通电机相比节约成本 7212 元/年。大约 28 个月可从节约的电费中收回稀土电机的投资成本。并且，由于稀土电机本身发热量小，轴承润滑脂的更换周期由 3 个月延长到 1 年，轴承使用寿命也由 18 个月延长到 3 年（轴承均采用国产普通轴承）。

图41 普通三相异步电动机（左）与稀土电机（右）



资料来源：《稀土永磁同步电动机的节能应用》，海通国际

3 建议关注标的：金力永磁

3.1 公司简介

公司主要生产高性能稀土永磁材料，应用于新能源和节能环保领域，包括风力发电、新能源汽车及汽车零部件、节能变频空调、节能电梯、机器人及智能制造。钕铁硼永磁材料行业属于稀土深加工，是稀土下游行业应用最为成熟的领域，稀土行业相关法律法规及产业政策对稀土永磁材料行业影响深远。公司于 2022 年 1 月 14 日在 H 股上市，成为稀土永磁行业第一家 A+H 上市公司。

3.2 核心竞争力分析

公司一直致力于高性能钕铁硼永磁材料的研发、生产和销售，并专注于新能源和节能环保应用领域，是高性能钕铁硼永磁材料行业发展最快的公司之一，积累了较为雄厚的客户基础和丰富的行业经验，在行业内树立了良好的品牌形象，具备较为突出的竞争优势，具体如下：

(1) 公司在新能源和节能环保领域具有较为领先的市场地位。

目前，公司是全球领先的新能源汽车、节能变频空调及风电领域磁钢供应商，具有较强的市场竞争力。作为全球新能源汽车行业驱动电机用磁钢的领先供应商，公司产品已被全球前十大新能源汽车生产商采用，公司是比亚迪、特斯拉等新能源汽车驱动电机的磁钢供应商，上汽集团、蔚来、理想汽车都是公司的最终用户，公司还是大众集团 MEB 纯电动平台项目配套的稀土永磁材料供应商，以及美国通用汽车公司 BEV3 全球电动车平台的稀土永磁材料的定点供应商，2022 年，公司新能源汽车驱动电机磁钢产品销售量可装配新能源乘用车约 286 万辆，按照 CleanTechnica 公布的 2022 年全球新能源乘用车销量 1,009.12 万辆计算，公司全球市场占有率约 28%。在节能变频空调领域，公司主要客户包括美的、格力、上海海立、三菱等知名品牌，市场占有率处于行业领先水平，2022 年，公司节能变频空调领域收入达到 18.32 亿元，较上年同期增长 30.86%，2022 年公司节能变频空调磁钢产品销售量可装配变频空调压缩机约 5,028 万台。在风力发电领域，公司的最终客户主要是金风科技和西门子-歌美飒等，2022 年，公司在风力发电领域收入达到 7.18 亿元，公司该领域产品销售量可装配风力发电机的装机容量约 8.29GW。2022 年，公司于机器人及工业伺服电机领域收入达到 2.53 亿元，较上年同期增长 145.17%，主要客户包括博世力士乐等。此外，2022 年公司 3C 领域收入达到 1.96 亿元，较上年同期增长 22.33%。公司还积极布局节能电梯、轨道交通等新能源及节能环保领域，已经成为这些领域重要的高性能磁钢供应商之一。

(2) 公司在与各领域龙头企业紧密合作过程中形成了较为成熟的经营模式。

公司与新能源和节能环保领域顶尖的客户建立了稳定的供应关系，这些大型知名企业对产品品质要求十分严格，产品评鉴及认证周期比较长，为满足其品质、技术及管理体系要求，公司在研发、制造、供应链管理、客户服务及企业文化等方面不断优化，形成了与客户需求相适应的较为成熟的经营模式。公司坚持以客户为导向，不断进行技术升级和产品差异化设计。公司将技术服务前移到客户端，运用自身在钕铁硼永磁材料方面的专业技术优势，参与客户新产品的设计过程，协助客户优化产品性能、降低产品成本，提供全方位技术解决方案。公司实行严格的质量管理体系并具备行业领先的精益生产能力，公司的产品交付能力及生产效率在行业内处于领先水平。这些成熟的经营模式，为公司与现有大客户保持稳定的合作关系，以及开发新的客户，奠定了坚实的基础。

2022年4月，公司荣获比亚迪-弗迪动力有限公司授予的2021年度“优秀供应商”奖项；2022年9月，公司再次获得联合汽车电子（UAES）“优秀供应商”奖项。2022年11月，在2022博世亚太区供应商大会颁奖典礼上，公司荣获“2022亚太区创新供应商奖”。

（3） 公司为全球领先的高性能稀土永磁材料生产商。

2022年，公司的高性能稀土永磁材料产量为12,786吨，其中使用晶界渗透技术生产高性能稀土永磁材料9,965吨；其中超高牌号产品产量为6,124吨。公司产能建设逐步推进，预计2025年可达4万吨钕铁硼毛坯产能。目前公司的毛坯产能已具备年产2.3万吨的生产能力，在包头投资建设的一期项目8000吨钕铁硼已完全投产，包头1.2万吨二期项目和宁波3000吨及1亿台套组件项目正在建设中，规划2024-2025年在赣州新建2000吨高效节能电机用磁材基地项目。随着扩产计划的逐步落实，2025年公司将在国内将建成高性能钕铁硼永磁材料年产能4万吨。

（4） 公司与主要稀土供应商建立长期稳定的战略合作

稀土是我国的战略资源。公司总部位于重稀土主要生产地江西赣州，并在轻稀土主要生产地内蒙古包头建设了高性能稀土永磁材料生产基地。公司与包括北方稀土集团、中国稀土集团在内的重要稀土原材料供应商建立了稳定的战略合作关系，连续两年获得北方稀土“优质客户”奖项。同时，公司通过根据在手订单提前采购稀土原材料、与客户建立调价机制、优化配方及工艺技术等措施，以减少稀土原材料价格波动对公司经营业绩的影响。

（5） 公司积累了较为丰富的技术储备。

公司自成立以来一直非常重视技术研发与科技创新，2022年，公司研发费用33,747.62万元，同比增长110.71%，占营业收入的比例为4.71%。截至2022年末，公司已拥有授权专利60件，其中授权发明专利28件，授权实用新型专利32件，报告期内新增发明专利授权5件，新增13件受理发明专利。公司在产品配方、生产工艺等方面有先进的核心技术。公司能够通过自建的配方数据库和积累的专业经验设计不同牌号产品的合金成分，在保证磁体性能条件下大幅降低重稀土含量；公司拥有晶粒细化技术，能生产45SH无重稀土牌号产品；公司在取向压型方面掌握了一次成型技术，提高了毛坯环节的自动化水平，同时减少后续机械加工成本和产品磨削量；公司在表面处理工艺方面开发出了耐高温、耐腐蚀的新型涂层，各项指标优于环氧镀层。

公司掌握了利用晶界渗透工艺进行批量生产及高牌号产品开发的能力，将部分重稀土的添加从坯料工序后置到成品工序，以降低重稀土添加量，开发出56SH、54UH等高牌号产品，该技术已申请获得了多项国内外发明专利授权。2020年，公司完成“耐高温、低重稀土高性能稀土永磁关键技术研究及产业化”科技成果评价，根据中国稀土学会理事长及行业顶级专家组综合评价结论：公司发明耐高温、高性能烧结钕铁硼材料的成分与制造技术，开发出56SH、54UH、50EH产品，显著降低了重稀土的用量，实现了工业化生产，对新能源汽车、风力发电、压缩机、智能制造、3C电子产品等领域形成了关键支撑，取得了显著的经济效益和社会效益，该技术成果达到国际领先水平。

（6） 公司实行严格的质量管理体系并具备行业领先的精益生产能力。

公司严格按照汽车行业质量标准建设质量管理体系，高标准严要求，全员参与，全程管控，在博世集团、三菱电机压缩机等多家国际国内著名客户端保持了OPPM的质量记录。公司全面建设IATF16949:2016国际汽车工作组汽车行业质量管理体系，并创造性地融合包括通用汽车BIQS在内的各汽车客户的质量管理体系标准，建立公司质量管理体系JLQB。公司推行精益生产，整合业务流程，公司的产品交付能力及生产

效率在行业内处于领先水平，获得客户的一致好评。2020 年公司荣获美的集团“精益转换优秀供方”、美的机电事业群“效率提升优秀供方”、三菱电机（广州）压缩机公司 2020 年度“VE 提案奖”，在 2015-2020 年连续六年获得金风科技质量信用 5A 级供应商的称号，并荣获金风科技“长期合作奖”、2020 年度“技术支持奖”，比亚迪-弗迪动力有限公司 2020 年度“优秀质量奖”。

（7） 公司管理团队成熟稳定并形成国际化的业务布局公司管理团队年富力强。

管理团队有着非常资深的行业背景以及丰富的管理运营经验，能够及时准确掌握行业发展动态、敏锐地把握市场机遇，制定可持续的发展战略，逐步带领公司成为世界高性能稀土永磁材料的领军企业。公司不断提升现有产品的品质与技术水平，进一步增强产品的竞争力。公司推出包括股权激励计划在内的多维度的激励制度，有效地调动员工的积极性和创造性并保持团队的稳定性，

公司着眼于长期业务发展，积极布局海外市场，分别在香港、欧洲埃因霍温、日本东京、美国硅谷设立子公司，聘用本地化人才团队，作为公司境外技术交流、物流服务和销售平台，国际影响力日益加强。

八、风险提示

AI 及机器人技术迭代不及预期；贸易政策风险；下游需求不及预期；磁材价格剧烈波动

APPENDIX 1

Summary

1.Robots: are drive mechanisms that can be programmed on two or more axes with a degree of autonomy to move in a given environment to perform a predetermined task.

2.The drive system refers to the transmission device that must be placed to each joint of the robot, i.e., each degree of freedom of motion, in order for the robot to operate properly. The drive system can be hydraulic drive, pneumatic drive, electric drive, or a comprehensive system that combines them for application; sensor is a detection device that can sense the measured information and can transform the sensed information into electrical signals or other forms of information output according to certain laws, which is the primary link to realize automatic detection and automatic control; reducer is a power conveying mechanism, which is used in the robot In the power system, it is mainly used to conduct the power of servo motor and adjust the speed and torque. In the robotics industry, the most widely used are RV reducer and harmonic reducer; the controller is a device that receives the detection signal from the sensor to complete the command task. The control method of robot includes motion control and force control.

3.Magnetic material is usually classified into several different categories such as soft magnetic materials, permanent magnetic materials, letter magnetic materials, and special magnetic materials. Among the permanent magnet materials, the most mainstream permanent magnet products are ferrite permanent magnet materials, rare earth permanent magnet materials and metal permanent magnet materials.

4.High-performance NdFeB permanent magnet material is the third generation of rare earth permanent magnet material, which has the characteristics of small size, light weight and strong magnetism. It is widely used in the servo motors of industrial robots. Rare-earth permanent magnet motors have three characteristics: (1) small size and light weight (2) strong performance and high stability (3) high efficiency and low energy consumption, which improve the overall performance significantly.

5.We suggest paying attention to JL Mag Rare-Earth Co., Ltd. has been committed to the R&D, production and sales of high performance NdFeB permanent magnet materials, and focus on new energy and energy saving and environmental protection application fields, and is one of the fastest growing companies in high performance NdFeB permanent magnet materials industry. The company has the industry-leading grain boundary penetration technology, and the production capacity of high performance NdFeB is expected to reach 40,000 tons in 2025, with a good development trend to high-end and a high boom in downstream track.

6.Risks: AI and robotics technology iteration is not as expected; trade policy risk; downstream demand is not as expected; magnetic material price fluctuates drastically

附录 APPENDIX

重要信息披露

本研究报告由海通国际分销，海通国际是由海通国际研究有限公司(HTIRL)，Haitong Securities India Private Limited (HSIPL)，Haitong International Japan K.K. (HTIJKK)和海通国际证券有限公司(HTISCL)的证券研究团队所组成的全球品牌，海通国际证券集团(HTISG)各成员分别在其许可的司法管辖区内从事证券活动。

IMPORTANT DISCLOSURES

This research report is distributed by Haitong International, a global brand name for the equity research teams of Haitong International Research Limited ("HTIRL"), Haitong Securities India Private Limited ("HSIPL"), Haitong International Japan K.K. ("HTIJKK"), Haitong International Securities Company Limited ("HTISCL"), and any other members within the Haitong International Securities Group of Companies ("HTISG"), each authorized to engage in securities activities in its respective jurisdiction.

HTIRL 分析师认证 Analyst Certification:

我，吴漪婕，在此保证 (i) 本研究报告中的意见准确反映了我们对本研究中提及的任何或所有目标公司或上市公司的个人观点，并且 (ii) 我的报酬中没有任何部分与本研究报告中表达的具体建议或观点直接或间接相关；及就此报告中所讨论目标公司的证券，我们（包括我们的家属）在其中均不持有任何财务利益。我和我的家属（我已经告知他们）将不会在本研究报告发布后的 3 个工作日内交易此研究报告所讨论目标公司的证券。I, Yijie Wu, certify that (i) the views expressed in this research report accurately reflect my personal views about any or all of the subject companies or issuers referred to in this research and (ii) no part of my compensation was, is or will be directly or indirectly related to the specific recommendations or views expressed in this research report; and that I (including members of my household) have no financial interest in the security or securities of the subject companies discussed. I and my household, whom I have already notified of this, will not deal in or trade any securities in respect of the issuer that I review within 3 business days after the research report is published.

利益冲突披露 Conflict of Interest Disclosures

海通国际及其某些关联公司可从事投资银行业务和/或对本研究中的特定股票或公司进行做市或持有自营头寸。就本研究报告而言，以下是有关该等关系的披露事项（以下披露不能保证及时无遗漏，如需了解及时全面信息，请发邮件至 ERD-Disclosure@htsec.com）

HTI and some of its affiliates may engage in investment banking and / or serve as a market maker or hold proprietary trading positions of certain stocks or companies in this research report. As far as this research report is concerned, the following are the disclosure matters related to such relationship (As the following disclosure does not ensure timeliness and completeness, please send an email to ERD-Disclosure@htsec.com if timely and comprehensive information is needed).

海通证券股份有限公司和/或其子公司（统称“海通”）在过去 12 个月内参与了 002472.CH, 600711.CH and 600988.CH 的投资银行项目。投资银行项目包括：1、海通担任上市前辅导机构、保荐人或主承销商的首次公开发行项目；2、海通作为保荐人、主承销商或财务顾问的股权或债务再融资项目；3、海通作为主经纪商的新三板上市、目标配售和并购项目。

Haitong Securities Co., Ltd. and/or its subsidiaries (collectively, the "Haitong") have a role in investment banking projects of 002472.CH, 600711.CH and 600988.CH within the past 12 months. The investment banking projects include 1. IPO projects in which Haitong acted as pre-listing tutor, sponsor, or lead-underwriter; 2. equity or debt refinancing projects of 002472.CH, 600711.CH and 600988.CH for which Haitong acted as sponsor, lead-underwriter or financial advisor; 3. listing by introduction in the new three board, target placement, M&A projects in which Haitong acted as lead-brokerage firm.

作为回报，海通拥有 300390.CH 一类普通股证券的 1%或以上。

The Haitong beneficially owns 1% or more of a class of common equity securities of 300390.CH.

002472.CH, 600711.CH 及 600988.CH 目前或过去 12 个月内是海通的投资银行业务客户。

002472.CH, 600711.CH and 600988.CH are/were an investment bank clients of Haitong currently or within the past 12 months.

000630.CH, 002085.CH, 002185.CH, 002202.CH, 002472.CH, 上海汽车集团金控管理有限公司, 山东黄金集团财务有限公司, 600711.CH, 600988.CH, 603993.CH 及 香港华润(集团)有限公司上海代表处目前或过去 12 个月内是海通的客户。海通向客户提供非投资银行业务的证券相关业务服务。

000630.CH, 002085.CH, 002185.CH, 002202.CH, 002472.CH, 上海汽车集团金控管理有限公司, 山东黄金集团财务有限公司, 600711.CH, 600988.CH, 603993.CH and 香港华润(集团)有限公司上海代表处 are/were a client of Haitong currently or within the past 12 months. The client has been provided for non-investment-banking securities-related services.

封开县威利邦木业有限公司, 荆门市格林美新材料有限公司, 宜昌东阳光生化制药有限公司 及 封开县威利邦木业有限公司, 四川四环锌锗科技有限公司 目前或过去 12 个月内是海通的客户。海通向客户提供非证券业务服务。

封开县威利邦木业有限公司, 荆门市格林美新材料有限公司, 宜昌东阳光生化制药有限公司 and 封开县威利邦木业有限公司, 四川四环锌锗科技有限公司 are/were a client of Haitong currently or within the past 12 months. The client has been provided for non-securities services.

海通预计将（或者有意向）在未来三个月内从 002738.CH 获得投资银行服务报酬。

Haitong expects to receive, or intends to seek, compensation for investment banking services in the next three months from 002738.CH.

海通在过去的 12 个月中从 000630.CH, 002202.CH, 封开县威利邦木业有限公司, 荆门市格林美新材料有限公司, 上海汽车集团金控管理有限公司, 宜昌东阳光生化制药有限公司 及 600711.CH 获得除投资银行服务以外之产品或服务的报酬。

Haitong has received compensation in the past 12 months for products or services other than investment banking from 000630.CH, 002202.CH, 封开县威利邦木业有限公司, 荆门市格林美新材料有限公司, 上海汽车集团金控管理有限公司, 宜昌东阳光生化制药有限公司 and 600711.CH.

评级定义 (从 2020 年 7 月 1 日开始执行):

海通国际 (以下简称“HTI”) 采用相对评级系统来为投资者推荐我们覆盖的公司: 优于大市、中性或弱于大市。投资者应仔细阅读 HTI 的评级定义。并且 HTI 发布分析师观点的完整信息, 投资者应仔细阅读全文而非仅看评级。在任何情况下, 分析师的评级和研究都不能作为投资建议。投资者的买卖股票的决策应基于各自情况 (比如投资者的现有持仓) 以及其他因素。

分析师股票评级

优于大市, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数涨幅在 10%以上, 基准定义如下

中性, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数变化不大, 基准定义如下。根据 FINRA/NYSE 的评级分布规则, 我们会将中性评级划入持有这一类别。

弱于大市, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数跌幅在 10%以上, 基准定义如下

各地股票基准指数: 日本 – TOPIX, 韩国 – KOSPI, 台湾 – TAIEX, 印度 – Nifty100, 美国 – SP500; 其他所有中国概念股 – MSCI China.

Ratings Definitions (from 1 Jul 2020):

Haitong International uses a relative rating system using Outperform, Neutral, or Underperform for recommending the stocks we cover to investors. Investors should carefully read the definitions of all ratings used in Haitong International Research. In addition, since Haitong International Research contains more complete information concerning the analyst's views, investors should carefully read Haitong International Research, in its entirety, and not infer the contents from the rating alone. In any case, ratings (or research) should not be used or relied upon as investment advice. An investor's decision to buy or sell a stock should depend on individual circumstances (such as the investor's existing holdings) and other considerations.

Analyst Stock Ratings

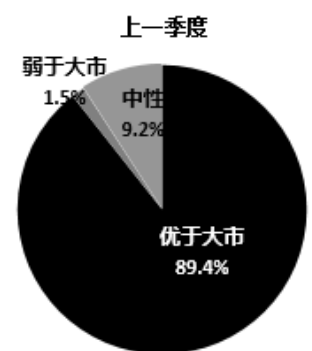
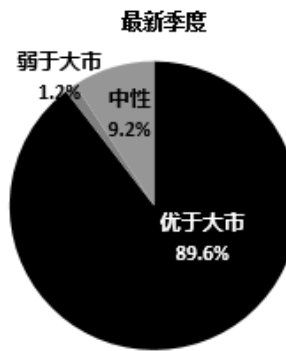
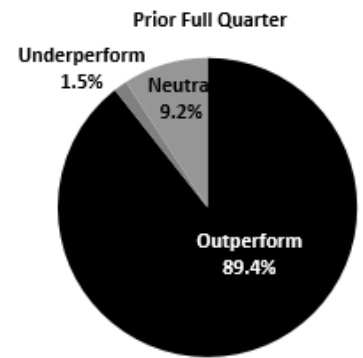
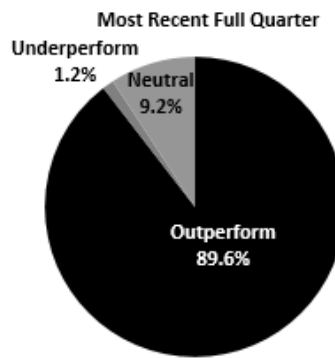
Outperform: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to exceed the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

Neutral: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be in line with the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below. For purposes only of FINRA/NYSE ratings distribution rules, our Neutral rating falls into a hold rating category.

Underperform: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be below the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

Benchmarks for each stock's listed region are as follows: Japan – TOPIX, Korea – KOSPI, Taiwan – TAIEX, India – Nifty100, US – SP500; for all other China-concept stocks – MSCI China.

评级分布 Rating Distribution



截至 2023 年 3 月 31 日海通国际股票研究评级分布

	优于大市	中性 (持有)	弱于大市
海通国际股票研究覆盖率	89.6%	9.2%	1.2%
投资银行客户*	5.2%	6.4%	9.5%

*在每个评级类别里投资银行客户所占的百分比。

上述分布中的买入, 中性和卖出分别对应我们当前优于大市, 中性和落后大市评级。

只有根据 FINRA/NYSE 的评级分布规则, 我们才将中性评级划入持有这一类别。请注意在上表中不包含非评级的股票。

此前的评级系统定义 (直至 2020 年 6 月 30 日):

买入, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数涨幅在 10%以上, 基准定义如下

中性, 未来 12-18 个月内预期相对基准指数变化不大, 基准定义如下。根据 FINRA/NYSE 的评级分布规则, 我们会将中性评级划入持有这一类别。

卖出，未来 12-18 个月内预期相对基准指数跌幅在 10%以上，基准定义如下

各地股票基准指数：日本 – TOPIX, 韩国 – KOSPI, 台湾 – TAIEX, 印度 – Nifty100; 其他所有中国概念股 – MSCI China.

Haitong International Equity Research Ratings Distribution, as of Mar 31, 2023

	Outperform	Neutral (hold)	Underperform
HTI Equity Research Coverage	89.6%	9.2%	1.2%
IB clients*	5.2%	6.4%	9.5%

*Percentage of investment banking clients in each rating category.

BUY, Neutral, and SELL in the above distribution correspond to our current ratings of Outperform, Neutral, and Underperform.

For purposes only of FINRA/NYSE ratings distribution rules, our Neutral rating falls into a hold rating category. Please note that stocks with an NR designation are not included in the table above.

Previous rating system definitions (until 30 Jun 2020):

BUY: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to exceed the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

NEUTRAL: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be in line with the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below. For purposes only of FINRA/NYSE ratings distribution rules, our Neutral rating falls into a hold rating category.

SELL: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be below the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

Benchmarks for each stock's listed region are as follows: Japan – TOPIX, Korea – KOSPI, Taiwan – TAIEX, India – Nifty100; for all other China-concept stocks – MSCI China.

海通国际非评级研究: 海通国际发布计量、筛选或短篇报告，并在报告中根据估值和其他指标对股票进行排名，或者基于可能的估值倍数提出建议价格。这种排名或建议价格并非为了进行股票评级、提出目标价格或进行基本面估值，而仅供参考使用。

Haitong International Non-Rated Research: Haitong International publishes quantitative, screening or short reports which may rank stocks according to valuation and other metrics or may suggest prices based on possible valuation multiples. Such rankings or suggested prices do not purport to be stock ratings or target prices or fundamental values and are for information only.

海通国际 A 股覆盖: 海通国际可能会就沪港通及深港通的中国 A 股进行覆盖及评级。海通证券 (600837.CH)，海通国际于上海的母公司，也会于中国发布中国 A 股的研究报告。但是，海通国际使用与海通证券不同的评级系统，所以海通国际与海通证券的中国 A 股评级可能有所不同。

Haitong International Coverage of A-Shares: Haitong International may cover and rate A-Shares that are subject to the Hong Kong Stock Connect scheme with Shanghai and Shenzhen. Haitong Securities (HS; 600837 CH), the ultimate parent company of HTISG based in Shanghai, covers and publishes research on these same A-Shares for distribution in mainland China. However, the rating system employed by HS differs from that used by HTI and as a result there may be a difference in the HTI and HS ratings for the same A-share stocks.

海通国际优质 100 A 股 (Q100) 指数: 海通国际 Q100 指数是一个包括 100 支由海通证券覆盖的优质中国 A 股的计量产品。这些股票是通过基于质量的筛选过程，并结合对海通证券 A 股团队自下而上的研究。海通国际每季对 Q100 指数成分作出复审。

Haitong International Quality 100 A-share (Q100) Index: HTI's Q100 Index is a quant product that consists of 100 of the highest-quality A-shares under coverage at HS in Shanghai. These stocks are carefully selected through a quality-based screening process in combination with a review of the HS A-share team's bottom-up research. The Q100 constituent companies are reviewed quarterly.

MSCI ESG 评级免责声明条款: 尽管海通国际的信息供货商 (包括但不限于 MSCI ESG Research LLC 及其附属公司 (「ESG 方」) 从其认为可靠的来源获取信息 (「信息」), ESG 方均不承担或保证此处任何数据的原创性、准确性和/或完整性，并明确表示不作出任何明示或默示的担保，包括可商售性和针对特定目的的适用性。该信息只能供阁下内部使用，不得以任何形式复制或重新传播，并不得用作任何金融工具、产品或指数的基础或组成部分。此外，信息本质上不能用于判断购买或出售何种证券，或何时购买或出售该证券。即使已被告知可能造成的损害，ESG 方均不承担与此处任何资料有关的任何错误或遗漏所引起的任何责任，也不对任何直接、间接、特殊、惩罚性、附带性或任何其他损害赔偿 (包括利润损失) 承担任何责任。

MSCI ESG Disclaimer: Although Haitong International's information providers, including without limitation, MSCI ESG Research LLC and its affiliates (the "ESG Parties"), obtain information (the "Information") from sources they consider reliable, none of the ESG Parties warrants or guarantees the originality, accuracy and/or completeness, of any data herein and expressly disclaim all express or implied warranties, including those of merchantability and fitness for a particular purpose. The Information may only be used for your internal use, may not be reproduced or disseminated in any form and may not be used as a basis for, or a component of, any financial instruments or products or indices. Further, none of the Information can in and of itself be used to determine which securities to buy or sell or when to buy or sell them. None of the ESG Parties shall have any liability for any errors or omissions in connection with any data herein, or any liability for any direct, indirect, special, punitive, consequential or any other damages (including lost profits) even if notified of the possibility of such damages.

盟浪义利 (FIN-ESG) 数据通免责声明条款: 在使用盟浪义利 (FIN-ESG) 数据之前，请务必仔细阅读本条款并同意本声明：

第一条 义利 (FIN-ESG) 数据系由盟浪可持续数字科技有限责任公司 (以下简称“本公司”) 基于合法取得的公开信息评估而成，本公司对信息的准确性及完整性不作任何保证。对公司的评估结果仅供参考，并不构成对任何个人或机构投资建议，也不能作为任何个人或机构购买、出售或持有相关金融产品的依据。本公司不对任何个人或机构投资者因使用本数据表述的评估结果造成的任何直接或间接损失负责。

第二条 盟浪并不因收到此评估数据而将收件人视为客户，收件人使用此数据时应根据自身实际情况作出自我独立判断。本数据所载内容反映的是盟浪在最初发布本数据日期当日的判断，盟浪有权在不发出通知的情况下更新、修订与发出其他与本数据所载内容不一致或有不同结论的数据。除非另行说明，本数据 (如财务业绩数据等) 仅代表过往表现，过往的业绩表现不作为日后回报的预测。

第三条

改、复制、编译、汇编、再次编辑、改编、删减、缩写、节选、发行、出租、展览、表演、放映、广播、信息网络传播、摄制、增加图标及说明等，否则因此给盟浪或其他第三方造成损失的，由用户承担相应的赔偿责任，盟浪不承担责任。

第四条 如本免责声明未约定，而盟浪网站平台载明的其他协议内容（如《盟浪网站用户注册协议》《盟浪网用户服务（含认证）协议》《盟浪网隐私政策》等）有约定的，则按其他协议的约定执行；若本免责声明与其他协议约定存在冲突或不一致的，则以本免责声明约定为准。

SusallWave FIN-ESG Data Service Disclaimer: Please read these terms and conditions below carefully and confirm your agreement and acceptance with these terms before using SusallWave FIN-ESG Data Service.

1. FIN-ESG Data is produced by SusallWave Digital Technology Co., Ltd. (In short, SusallWave)'s assessment based on legal publicly accessible information. SusallWave shall not be responsible for any accuracy and completeness of the information. The assessment result is for reference only. It is not for any investment advice for any individual or institution and not for basis of purchasing, selling or holding any relative financial products. We will not be liable for any direct or indirect loss of any individual or institution as a result of using SusallWave FIN-ESG Data.

2. SusallWave do not consider recipients as customers for receiving these data. When using the data, recipients shall make your own independent judgment according to your practical individual status. The contents of the data reflect the judgment of us only on the release day. We have right to update and amend the data and release other data that contains inconsistent contents or different conclusions without notification. Unless expressly stated, the data (e.g., financial performance data) represents past performance only and the past performance cannot be viewed as the prediction of future return.

3. The copyright of this data belongs to SusallWave, and we reserve all rights in accordance with the law. Without the prior written permission of our company, none of individual or institution can use these data for any profitable purpose. Besides, none of individual or institution can take actions such as amendment, replication, translation, compilation, re-editing, adaption, deletion, abbreviation, excerpts, issuance, rent, exhibition, performance, projection, broadcast, information network transmission, shooting, adding icons and instructions. If any loss of SusallWave or any third-party is caused by those actions, users shall bear the corresponding compensation liability. SusallWave shall not be responsible for any loss.

4. If any term is not contained in this disclaimer but written in other agreements on our website (e.g. *User Registration Protocol of SusallWave Website, User Service (including authentication) Agreement of SusallWave Website, Privacy Policy of Susallwave Website*), it should be executed according to other agreements. If there is any difference between this disclaimer and other agreements, this disclaimer shall be applied.

重要免责声明:

非印度证券的研究报告: 本报告由海通国际证券集团有限公司 (“HTISGL”) 的全资附属公司海通国际研究有限公司 (“HTIRL”) 发行，该公司是根据香港证券及期货条例 (第 571 章) 持有第 4 类受规管活动 (就证券提供意见) 的持牌法团。该研究报告在 HTISGL 的全资附属公司 Haitong International (Japan) K.K. (“HTIJKK”) 的协助下发行，HTIJKK 是由日本关东财务局监管为投资顾问。

印度证券的研究报告: 本报告由从事证券交易、投资银行及证券分析及受 Securities and Exchange Board of India (“SEBI”) 监管的 Haitong Securities India Private Limited (“HTSIPL”) 所发行，包括制作及发布涵盖 BSE Limited (“BSE”) 和 National Stock Exchange of India Limited (“NSE”) 上市公司 (统称为「印度交易所」) 的研究报告。HTSIPL 于 2016 年 12 月 22 日被收购并成为海通国际证券集团有限公司 (“HTISG”) 的一部分。

所有研究报告均以海通国际为名作为全球品牌，经许可由海通国际证券股份有限公司及/或海通国际证券集团的其他成员在其司法管辖区发布。

本文件所载信息和观点已被编译或源自可靠来源，但 HTIRL、HTISGL 或任何其他属于海通国际证券集团有限公司 (“HTISG”) 的成员对其准确性、完整性和正确性不做任何明示或暗示的声明或保证。本文件中所有观点均截至本报告日期，如有更改，恕不另行通知。本文件仅供参考使用。文件中提及的任何公司或其股票的说明并非意图展示完整的内容，本文件并非/不应被解释为对证券买卖的明示或暗示地出价或征价。在某些司法管辖区，本文件中提及的证券可能无法进行买卖。如果投资产品以投资者本国货币以外的币种进行计价，则汇率变化可能会对投资产生不利影响。过去的表现并不一定代表将来的结果。某些特定交易，包括设计金融衍生工具的，有产生重大风险的可能性，因此并不适合所有的投资者。您还应认识到本文件中的建议并非为您量身定制。分析师并未考虑到您自身的财务情况，如您的财务状况和风险偏好。因此您必须自行分析并在适用的情况下咨询自己的法律、税收、会计、金融和其他方面的专业顾问，以期在投资之前评估该项建议是否适合于您。若由于使用本文件所载的材料而产生任何直接或间接的损失，HTISG 及其董事、雇员或代理人对此均不承担任何责任。

除对本文内容承担责任的分析师除外，HTISG 及我们的关联公司、高级管理人员、董事和雇员，均可不时作为主事人就本文件所述的任何证券或衍生品持有长仓或短仓以及进行买卖。HTISG 的销售员、交易员和其他专业人士均可向 HTISG 的相关客户和公司提供与本文件所述意见相反的口头或书面市场评论意见或交易策略。HTISG 可做出与本文件所述建议或意见不一致的投资决策。但 HTIRL 没有义务来确保本文件的收件人了解到该等交易决定、思路或建议。

请访问海通国际网站 www.equities.htisec.com，查阅更多有关海通国际为预防和避免利益冲突设立的组织 and 行政安排的内容信息。

非美国分析师披露信息: 本项研究首页上列明的海通国际分析师并未在 FINRA 进行注册或者取得相应的资格，并且不受美国 FINRA 有关与本项研究目标公司进行沟通、公开露面和自营证券交易的第 2241 条规则之限制。

IMPORTANT DISCLAIMER

For research reports on non-Indian securities: The research report is issued by Haitong International Research Limited (“HTIRL”), a wholly owned subsidiary of Haitong International Securities Group Limited (“HTISGL”) and a licensed corporation to carry on Type 4 regulated activity (advising on securities) for the purpose of the Securities and Futures Ordinance (Cap. 571) of Hong Kong, with the assistance of Haitong International (Japan) K.K. (“HTIJKK”), a wholly owned subsidiary of HTISGL and which is regulated as an Investment Adviser by the Kanto Finance Bureau of Japan.

For research reports on Indian securities: The research report is issued by Haitong Securities India Private Limited (“HTSIPL”), an Indian company and a Securities and Exchange Board of India (“SEBI”) registered Stock Broker, Merchant Banker and Research Analyst that, inter alia, produces and distributes research reports covering listed entities on the BSE Limited (“BSE”) and the National Stock Exchange of India Limited (“NSE”) (collectively referred to as “Indian Exchanges”). HTSIPL was acquired and became part of the Haitong International Securities Group of Companies (“HTISG”) on 22 December 2016.

All the research reports are globally branded under the name Haitong International and approved for distribution by Haitong International Securities Company Limited (“HTISCL”) and/or any other

members within HTISG in their respective jurisdictions.

The information and opinions contained in this research report have been compiled or arrived at from sources believed to be reliable and in good faith but no representation or warranty, express or implied, is made by HTIRL, HTISCL, HSIPL, HTIJKK or any other members within HTISG from which this research report may be received, as to their accuracy, completeness or correctness. All opinions expressed herein are as of the date of this research report and are subject to change without notice. This research report is for information purpose only. Descriptions of any companies or their securities mentioned herein are not intended to be complete and this research report is not, and should not be construed expressly or impliedly as, an offer to buy or sell securities. The securities referred to in this research report may not be eligible for purchase or sale in some jurisdictions. If an investment product is denominated in a currency other than an investor's home currency, a change in exchange rates may adversely affect the investment. Past performance is not necessarily indicative of future results. Certain transactions, including those involving derivatives, give rise to substantial risk and are not suitable for all investors. You should also bear in mind that recommendations in this research report are not tailor-made for you. The analyst has not taken into account your unique financial circumstances, such as your financial situation and risk appetite. You must, therefore, analyze and should, where applicable, consult your own legal, tax, accounting, financial and other professional advisers to evaluate whether the recommendations suits you before investment. Neither HTISG nor any of its directors, employees or agents accepts any liability whatsoever for any direct or consequential loss arising from any use of the materials contained in this research report.

HTISG and our affiliates, officers, directors, and employees, excluding the analysts responsible for the content of this document, will from time to time have long or short positions in, act as principal in, and buy or sell, the securities or derivatives, if any, referred to in this research report. Sales, traders, and other professionals of HTISG may provide oral or written market commentary or trading strategies to the relevant clients and the companies within HTISG that reflect opinions that are contrary to the opinions expressed in this research report. HTISG may make investment decisions that are inconsistent with the recommendations or views expressed in this research report. HTI is under no obligation to ensure that such other trading decisions, ideas or recommendations are brought to the attention of any recipient of this research report.

Please refer to HTI's website www.equities.htisec.com for further information on HTI's organizational and administrative arrangements set up for the prevention and avoidance of conflicts of interest with respect to Research.

Non U.S. Analyst Disclosure: The HTI analyst(s) listed on the cover of this Research is (are) not registered or qualified as a research analyst with FINRA and are not subject to U.S. FINRA Rule 2241 restrictions on communications with companies that are the subject of the Research; public appearances; and trading securities by a research analyst.

分发和地区通知:

除非下文另有规定, 否则任何希望讨论本报告或者就本项研究中讨论的任何证券进行任何交易的收件人均应联系其所在国家或地区的海通国际销售人员。

香港投资者的通知事项: 海通国际证券股份有限公司("HTISCL")负责分发该研究报告, HTISCL 是在香港有权实施第 1 类受规管活动(从事证券交易)的持牌公司。该研究报告并不构成《证券及期货条例》(香港法例第 571 章)(以下简称"SFO")所界定的要约邀请, 证券要约或公众要约。本研究报告仅提供给 SFO 所界定的"专业投资者"。本研究报告未经过证券及期货事务监察委员会的审查。您不应仅根据本研究报告中所载的信息做出投资决定。本研究报告的收件人就研究报告中产生或与之相关的任何事宜请联系 HTISCL 销售人员。

美国投资者的通知事项: 本研究报告由 HTIRL, HSIPL 或 HTIJKK 编写。HTIRL, HSIPL, HTIJKK 以及任何非 HTISG 美国联营公司, 均未在美国注册, 因此不受美国关于研究报告编制和研究分析人员独立性规定的约束。本研究报告提供给依照 1934 年"美国证券交易法"第 15a-6 条规定的豁免注册的「美国主要机构投资者」("Major U.S. Institutional Investor")和「机构投资者」("U.S. Institutional Investors")。在向美国机构投资者分发研究报告时, Haitong International Securities (USA) Inc. ("HTI USA") 将对报告的内容负责。任何收到本研究报告的美国投资者, 希望根据本研究报告提供的信息进行任何证券或相关金融工具买卖的交易, 只能通过 HTI USA。HTI USA 位于 340 Madison Avenue, 12th Floor, New York, NY 10173, 电话 (212) 351-6050。HTI USA 是在美国于 U.S. Securities and Exchange Commission ("SEC") 注册的经纪商, 也是 Financial Industry Regulatory Authority, Inc. ("FINRA") 的成员。HTIUSA 不负责编写本研究报告, 也不负责其中包含的分析。在任何情况下, 收到本研究报告的任何美国投资者, 不得直接与分析师直接联系, 也不得通过 HSIPL, HTIRL 或 HTIJKK 直接进行买卖证券或相关金融工具的交易。本研究报告中出现的 HSIPL, HTIRL 或 HTIJKK 分析师没有注册或具备 FINRA 的研究分析师资格, 因此可能不受 FINRA 第 2241 条规定的与目标公司的交流, 公开露面和分析师账户持有的交易证券等限制。投资本研究报告中讨论的任何非美国证券或相关金融工具(包括 ADR)可能存在一定风险。非美国发行的证券可能没有注册, 或不受美国法规的约束。有关非美国证券或相关金融工具的信息可能有限制。外国公司可能不受审计和汇报的标准以及与美国境内生效相符的监管要求。本研究报告中以美元以外的其他货币计价的任何证券或相关金融工具的投资或收益的价值受汇率波动的影响, 可能对该等证券或相关金融工具的价值或收入产生正面或负面影响。美国收件人的所有问询请联系:

Haitong International Securities (USA) Inc.
340 Madison Avenue, 12th Floor
New York, NY 10173
联系人电话: (212) 351 6050

DISTRIBUTION AND REGIONAL NOTICES

Except as otherwise indicated below, any Recipient wishing to discuss this research report or effect any transaction in any security discussed in HTI's research should contact the Haitong International salesperson in their own country or region.

Notice to Hong Kong investors: The research report is distributed by Haitong International Securities Company Limited ("HTISCL"), which is a licensed corporation to carry on Type 1 regulated activity (dealing in securities) in Hong Kong. This research report does not constitute a solicitation or an offer of securities or an invitation to the public within the meaning of the SFO. This research report is only to be circulated to "Professional Investors" as defined in the SFO. This research report has not been reviewed by the Securities and Futures Commission. You should not make investment decisions solely on the basis of the information contained in this research report. Recipients of this research report are to contact HTISCL salespersons in respect of any matters arising from, or in connection with, the research report.

Notice to U.S. investors: As described above, this research report was prepared by HTIRL, HSIPL or HTIJKK. Neither HTIRL, HSIPL, HTIJKK, nor any of the non U.S. HTISG affiliates is registered in the United States and, therefore, is not subject to U.S. rules regarding the preparation of research reports and the independence of research analysts. This research report is provided for distribution to "major U.S. institutional investors" and "U.S. institutional investors" in reliance on the exemption from registration provided by Rule 15a-6 of the U.S. Securities Exchange Act of 1934, as amended. When distributing research reports to "U.S. institutional investors," HTI USA will accept the responsibilities for the content of the reports. Any U.S. recipient of this research report wishing to effect any transaction to buy or sell securities or related financial instruments based on the information provided in this research report should do so only through Haitong International Securities (USA)

Inc. ("HTI USA"), located at 340 Madison Avenue, 12th Floor, New York, NY 10173, USA; telephone (212) 351 6050. HTI USA is a broker-dealer registered in the U.S. with the U.S. Securities and Exchange Commission (the "SEC") and a member of the Financial Industry Regulatory Authority, Inc. ("FINRA"). HTI USA is not responsible for the preparation of this research report nor for the analysis contained therein. Under no circumstances should any U.S. recipient of this research report contact the analyst directly or effect any transaction to buy or sell securities or related financial instruments directly through HSIPL, HTIRL or HTIJKK. The HSIPL, HTIRL or HTIJKK analyst(s) whose name appears in this research report is not registered or qualified as a research analyst with FINRA and, therefore, may not be subject to FINRA Rule 2241 restrictions on communications with a subject company, public appearances and trading securities held by a research analyst account. Investing in any non-U.S. securities or related financial instruments (including ADRs) discussed in this research report may present certain risks. The securities of non-U.S. issuers may not be registered with, or be subject to U.S. regulations. Information on such non-U.S. securities or related financial instruments may be limited. Foreign companies may not be subject to audit and reporting standards and regulatory requirements comparable to those in effect within the U.S. The value of any investment or income from any securities or related financial instruments discussed in this research report denominated in a currency other than U.S. dollars is subject to exchange rate fluctuations that may have a positive or adverse effect on the value of or income from such securities or related financial instruments. All inquiries by U.S. recipients should be directed to:

Haitong International Securities (USA) Inc.
340 Madison Avenue, 12th Floor
New York, NY 10173
Attn: Sales Desk at (212) 351 6050

中华人民共和国的通知事项: 在中华人民共和国(下称“中国”,就本报告目的而言,不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾)只有根据适用的中国法律法规而收到该材料的人员方可使用该材料。并且根据相关法律法规,该材料中的信息并不构成“在中国从事生产、经营活动”。本文件在中国并不构成相关证券的公共发售或认购。无论根据法律规定或其他任何规定,在取得中国政府所有的批准或许可之前,任何法人或自然人均不得直接或间接地购买本材料中的任何证券或任何权益权益。接收本文件的人员须遵守上述限制性规定。

加拿大投资者的通知事项: 在任何情况下该等材料均不得被解释为在任何加拿大的司法管辖区内出售证券的要约或认购证券的要约邀请。本材料中所述证券在加拿大的任何要约或出售行为均只能在豁免向有关加拿大证券监管机构提交招股说明书的前提下由 Haitong International Securities (USA) Inc. ("HTI USA") 予以实施,该公司是一家根据 National Instrument 31-103 Registration Requirements, Exemptions and Ongoing Registrant Obligations ("NI 31-103") 的规定得到「国际交易商豁免」("International Dealer Exemption") 的交易商,位于艾伯塔省、不列颠哥伦比亚省、安大略省和魁北克省。在加拿大,该等材料在任何情况下均不得被解释为任何证券的招股说明书、发行备忘录、广告或公开发行。加拿大的任何证券委员会或类似的监管机构均未审查或以任何方式批准该等材料,其中所载的信息或所述证券的优点,任何与此相反的声明即属违法。在收到该等材料时,每个加拿大的收件人均将被视为属于 National Instrument 45-106 Prospectus Exemptions 第 1.1 节或者 Securities Act (Ontario) 第 73.3(1) 节所规定的「认可投资者」("Accredited Investor"), 或者在适用情况下 National Instrument 31-103 第 1.1 节所规定的「许可投资者」("Permitted Investor")。

新加坡投资者的通知事项: 本研究报告由 Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd ("HTISSPL") [公司注册编号 201311400G] 于新加坡提供。HTISSPL 是符合《财务顾问法》(第 110 章) ("FAA") 定义的豁免财务顾问,可 (a) 提供关于证券,集体投资计划的部分,交易所衍生品合约和场外衍生品合约的建议 (b) 发行或公布有关证券、交易所衍生品合约和场外衍生品合约的研究分析或研究报告。本研究报告仅提供给符合《证券及期货法》(第 289 章) 第 4A 条项下规定的机构投资者。对于因本研究报告而产生的或与之相关的任何问题,本研究报告的收件人应通过以下信息与 HTISSPL 联系:

Haitong International Securities (Singapore) Pte. Ltd
50 Raffles Place, #33-03 Singapore Land Tower, Singapore 048623
电话: (65) 6536 1920

日本投资者的通知事项: 本研究报告由海通国际证券有限公司所发布,旨在分发给从事投资管理的金融服务提供商或注册金融机构(根据日本金融机构和交易法("FIEL")) 第 61 (1) 条,第 17-11 (1) 条的执行及相关条款)。

英国及欧盟投资者的通知事项: 本报告由从事投资顾问的 Haitong International Securities Company Limited 所发布,本报告只面向有投资相关经验的专业客户发布。任何投资或与本报告相关的投资行为只面对此类专业客户。没有投资经验或相关投资经验的客户不得依赖本报告。Haitong International Securities Company Limited 的分支机构的净长期或短期金融权益可能超过本研究报告中提及的实体已发行股本总额的 0.5%。特别提醒有些英文报告有可能此前已经通过中文或其它语言完成发布。

澳大利亚投资者的通知事项: Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd, Haitong International Securities Company Limited 和 Haitong International Securities (UK) Limited 分别根据澳大利亚证券和投资委员会(以下简称"ASIC")公司(废除及过度性)文书第 2016/396 号规章在澳大利亚分发本项研究,该等规章免除了根据 2001 年《公司法》在澳大利亚为批发客户提供金融服务时海通国际需持有澳大利亚金融服务许可的要求。ASIC 的规章副本可在以下网站获取: www.legislation.gov.au。海通国际提供的金融服务受外国法律法规规定的管制,该等法律与在澳大利亚所适用的法律存在差异。

印度投资者的通知事项: 本报告由从事证券交易、投资银行及证券分析及受 Securities and Exchange Board of India ("SEBI") 监管的 Haitong Securities India Private Limited ("HTSIPL") 所发布,包括制作及发布涵盖 BSE Limited ("BSE") 和 National Stock Exchange of India Limited ("NSE") (统称为「印度交易所」) 研究报告。

研究机构名称: Haitong Securities India Private Limited
SEBI 研究分析师注册号: INH000002590
地址: 1203A, Floor 12A, Tower 2A, One World Center
841 Senapati Bapat Marg, Elphinstone Road, Mumbai 400 013, India
CIN U74140MH2011FTC224070
电话: +91 22 43156800 传真: +91 22 24216327
合规和申诉办公室联系人: Prasanna Chandwaskar; 电话: +91 22 43156803; 电子邮箱: prasanna.chandwaskar@htisec.com

“请注意，SEBI 授予的注册和 NISM 的认证并不保证中介的表现或为投资者提供任何回报保证”。

版权所有：海通国际证券集团有限公司 2019 年。保留所有权利。

People’s Republic of China (PRC): In the PRC, the research report is directed for the sole use of those who receive the research report in accordance with the applicable PRC laws and regulations. Further, the information on the research report does not constitute “production and business activities in the PRC” under relevant PRC laws. This research report does not constitute a public offer of the security, whether by sale or subscription, in the PRC. Further, no legal or natural persons of the PRC may directly or indirectly purchase any of the security or any beneficial interest therein without obtaining all prior PRC government approvals or licenses that are required, whether statutorily or otherwise. Persons who come into possession of this research are required to observe these restrictions.

Notice to Canadian Investors: Under no circumstances is this research report to be construed as an offer to sell securities or as a solicitation of an offer to buy securities in any jurisdiction of Canada. Any offer or sale of the securities described herein in Canada will be made only under an exemption from the requirements to file a prospectus with the relevant Canadian securities regulators and only by Haitong International Securities (USA) Inc., a dealer relying on the “international dealer exemption” under National Instrument 31-103 Registration Requirements, Exemptions and Ongoing Registrant Obligations (“NI 31-103”) in Alberta, British Columbia, Ontario and Quebec. This research report is not, and under no circumstances should be construed as, a prospectus, an offering memorandum, an advertisement or a public offering of any securities in Canada. No securities commission or similar regulatory authority in Canada has reviewed or in any way passed upon this research report, the information contained herein or the merits of the securities described herein and any representation to the contrary is an offence. Upon receipt of this research report, each Canadian recipient will be deemed to have represented that the investor is an “accredited investor” as such term is defined in section 1.1 of National Instrument 45-106 Prospectus Exemptions or, in Ontario, in section 73.3(1) of the Securities Act (Ontario), as applicable, and a “permitted client” as such term is defined in section 1.1 of NI 31-103, respectively.

Notice to Singapore investors: This research report is provided in Singapore by or through Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd (“HTISSPL”) [Co Reg No 201311400G. HTISSPL is an Exempt Financial Adviser under the Financial Advisers Act (Cap. 110) (“FAA”) to (a) advise on securities, units in a collective investment scheme, exchange-traded derivatives contracts and over-the-counter derivatives contracts and (b) issue or promulgate research analyses or research reports on securities, exchange-traded derivatives contracts and over-the-counter derivatives contracts. This research report is only provided to institutional investors, within the meaning of Section 4A of the Securities and Futures Act (Cap. 289). Recipients of this research report are to contact HTISSPL via the details below in respect of any matters arising from, or in connection with, the research report:

Haitong International Securities (Singapore) Pte. Ltd.

10 Collyer Quay, #19-01 - #19-05 Ocean Financial Centre, Singapore 049315

Telephone: (65) 6536 1920

Notice to Japanese investors: This research report is distributed by Haitong International Securities Company Limited and intended to be distributed to Financial Services Providers or Registered Financial Institutions engaged in investment management (as defined in the Japan Financial Instruments and Exchange Act (“FIEL”) Art. 61(1), Order for Enforcement of FIEL Art. 17-11(1), and related articles).

Notice to UK and European Union investors: This research report is distributed by Haitong International Securities Company Limited. This research is directed at persons having professional experience in matters relating to investments. Any investment or investment activity to which this research relates is available only to such persons or will be engaged in only with such persons. Persons who do not have professional experience in matters relating to investments should not rely on this research. Haitong International Securities Company Limited’s affiliates may have a net long or short financial interest in excess of 0.5% of the total issued share capital of the entities mentioned in this research report. Please be aware that any report in English may have been published previously in Chinese or another language.

Notice to Australian investors: The research report is distributed in Australia by Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd, Haitong International Securities Company Limited, and Haitong International Securities (UK) Limited in reliance on ASIC Corporations (Repeal and Transitional) Instrument 2016/396, which exempts those HTISG entities from the requirement to hold an Australian financial services license under the Corporations Act 2001 in respect of the financial services it provides to wholesale clients in Australia. A copy of the ASIC Class Orders may be obtained at the following website, www.legislation.gov.au. Financial services provided by Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd, Haitong International Securities Company Limited, and Haitong International Securities (UK) Limited are regulated under foreign laws and regulatory requirements, which are different from the laws applying in Australia.

Notice to Indian investors: The research report is distributed by Haitong Securities India Private Limited (“HSIPL”), an Indian company and a Securities and Exchange Board of India (“SEBI”) registered Stock Broker, Merchant Banker and Research Analyst that, inter alia, produces and distributes research reports covering listed entities on the BSE Limited (“BSE”) and the National Stock Exchange of India Limited (“NSE”) (collectively referred to as “Indian Exchanges”).

Name of the entity: Haitong Securities India Private Limited

SEBI Research Analyst Registration Number: INH000002590

Address : 1203A, Floor 12A, Tower 2A, One World Center

841 Senapati Bapat Marg, Elphinstone Road, Mumbai 400 013, India

CIN U74140MH2011FTC224070

Ph: +91 22 43156800 Fax:+91 22 24216327

Details of the Compliance Officer and Grievance Officer : Prasanna Chandwaskar : Ph: +91 22 43156803; Email id: prasanna.chandwaskar@htisec.com

“Please note that Registration granted by SEBI and Certification from NISM in no way guarantee performance of the intermediary or provide any assurance of returns to investors”.

This research report is intended for the recipients only and may not be reproduced or redistributed without the written consent of an authorized signatory of HTISG.

Copyright: Haitong International Securities Group Limited 2019. All rights reserved.

<http://equities.htisec.com/x/legal.html>
