

宇树机器狗分析与深度拆解

In-Depth Analysis and Disassembly of Unitree Robot

姚书桥, barney.sq.yao@htisec.com

吕小潼, xt.lyu@htisec.com

吴叡霖, louis.yl.ng@htisec.com

刘艺苗, ym.liu@htisec.com

邓雅文对此文亦有贡献

2025年10月31日

- 当AI开始进入到物理世界，四足机器人正从实验室走向多元应用场景——宇树作为国产机器人领域率先量产的先锋，以其自主可控的国产供应链与高性价比产品矩阵，成为我们探索AI硬件与物理AI的核心研究对象
- 团队通过在不同场景的实地实测与技术拆解，深入体验了宇树从消费级到工业级的多款机型，既见证了其在复杂地形适应性、核心部件自主化上的突出优势，也直面了续航、便携性、信号稳定性等现实挑战
- 本 PPT 将围绕宇树机器狗Go2 Air来研究产业链结构、应用场景实践、以及核心优劣势。此报告不仅是对一款产品的深度剖析，更是我们对国产智能机器人产业未来发展的思考与探索



资料来源：海通国际

1. 结论与感想

2. 宇树机器狗介绍

- 市场规模、纵向对比、横向对比、实训平台

3. 结构分拆

- 主控板、核心板、无线通讯、激光雷达、四肢、电池、头部

4. 核心技术与护城河

5. 产业链

6. 受益个股

1. 结论与感想

宇树机器人以硬件自研深绑定 + 软件开源强生态 + 工程化低成本构建核心壁垒：

- 1. 硬件层硬核配置：**自研准直接驱旋转执行器（单关节扭矩 30-45N·m，响应延迟 < 5ms）、4D 激光雷达 L1/L2（360° × 90° 视场角，点云频率 2.16-6.4 万点/秒），主控搭载瑞芯微 RK3588S（8 核异构 + 6TOPS NPU），核心零部件国产化率超 70%
- 2. 软件层技术栈：**开源 unitree_legged_sdk 支持关节位置 / 速度 / 力矩三级控制，配套 unitree_mujoco 仿真环境实现 Sim2Real 快速迁移；融合 VILENS 多传感器定位算法（400Hz 预积分频率），复杂地形定位漂移 < 2cm/100m，步态自适应能力覆盖楼梯、碎石等 8 类典型场景
- 3. 工程化与成本优势：**采用碳纤维 + 镁铝合金轻量化设计（整机重量 15kg），工业级机型防护达 IP67/IP68；激光雷达、执行器等核心部件成本占比 < 40%，规模化生产后价格仅为波士顿动力 Spot 的 1/5-1/3，消费级机型（Go2 Air）起售价不足万元
- 4. 行业突围核心：**以“执行器自研 + 算法开源”打破国际技术垄断，unitree_legged_sdk 开发者生态覆盖全球超 2000 家科研机构，工业级机型（B2/W）已实现管廊巡检、电力运维等场景规模化落地，成为国产四足机器人“技术验证 - 量产落地 - 生态反哺”的标杆样本。

优势

1. 运动控制技术领先，复杂地形（碎石、陡坡）适应性与平衡能力居行业前列
2. 产品矩阵完善，覆盖消费级（A1、Go2）与工业级（Go2-W、矿犀），场景适配广泛
3. 核心零部件自主化率超 70%，性价比突出，价格仅为国际竞品 1/3
4. 工业级机型具备 IP65 防护、宽温域适应能力，标准化场景落地案例稳定

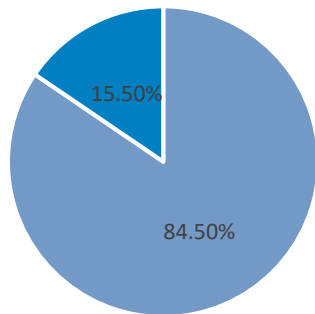
挑战

1. 实用性待提升：消费级偏展示互动，工业级极端环境（废墟、洪涝）稳定性不足
2. 便携性差：机身重量 15kg，单人难以灵活搬运部署
3. 续航短板：实际续航 2h，受负载、地形影响大，无法支撑全天候作业
4. 信号与导航卡顿：复杂环境下远程控制、SLAM 导航易受干扰，响应延迟
5. 扩展性有限：负载能力较弱，行业定制化解决方案稀缺

2. 四足机器人市场规模及主要厂商

- 2024 年全球四足机器人市场中，消费级产品占据绝对主导地位，占比高达 84.5%，主要应用于教育培训、娱乐等场景，以强可及性与互动性推动行业技术普及和用户认知提升。在整体市场竞争格局中，宇树科技以 32.4% 的全球市场份额位居首位，成为全球四足机器人市场的龙头；中国厂商整体表现突出，宇树与云深处合计占据超半数市场份额，显著领跑全球，而 Boston Dynamics、ANYbotics 等国际厂商份额均接近或不足 10%，中国厂商凭借在消费级及商用领域的技术与供应链优势，构建了稳固的市场竞争壁垒

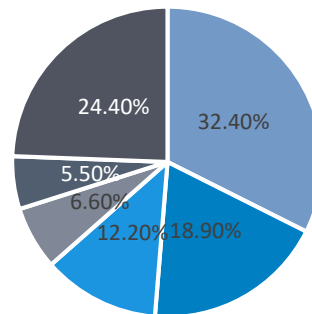
全球四足机器人市场份额（按产品），2024



■ 消费级四足机器人 ■ 商用级四足机器人

资料来源：IDC，海通国际

全球四足机器人市场主要厂商市场份额，2024



■ 宇树科技 ■ 云深处 ■ Boston Dynamics ■ ANYbotics ■ Ghost Robotics ■ 其他

资料来源：IDC，海通国际

2. 四足机器人市场规模及增速

全球及中国四足机器人市场规模

全球

- 从全球市场来看，2024年市场规模已超12亿元，出货量约2万台，应用场景广泛覆盖电力巡检、石油勘探、公共安全等重点领域，其中消费级产品在出货量上占据主导地位；长期来看，2030年将增长至~120亿元，2024—2030年复合年均增长率约45%（不含军用），行业扩张潜力显著

图：2021-2030E全球四足机器人市场规模预测趋势（亿元）



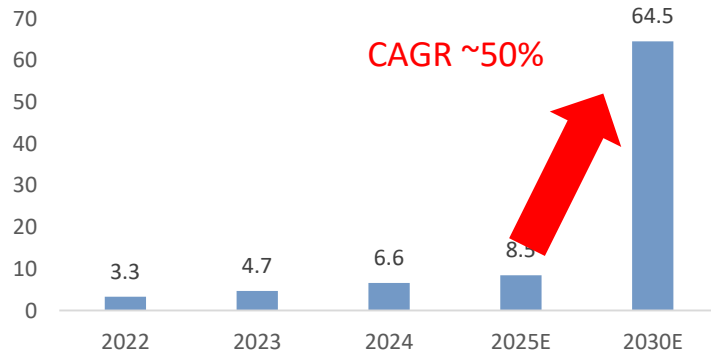
资料来源：GGII, IDC, 高工机器人产业研究所, 海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

中国

- 中国市场表现更为亮眼，2024年市场规模达6.6亿元，同比增长40.43%，2025年将进一步扩大至8.5亿元，2030年有望达到65亿元，2024—2030年复合年均增长率高达50%（不含军用）。中国厂商在全球市场中占据领先地位，凭借完善的供应链体系与高效的产品集成优势，成为驱动行业增长的核心力量

图：2022-2030E中国四足机器人市场规模预测趋势（亿元）



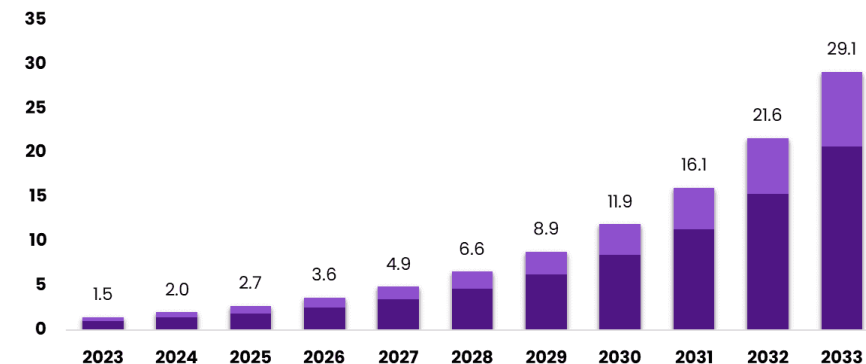
资料来源：GGII, IDC, 高工机器人产业研究所, 海通国际

2. 人形机器人市场规模及增速

- 2024 年全球市场规模约 20 亿美元，欧洲及北美为主要市场，占比分别约为 29/25%。从增长节奏来看，2024-2030 年全球市场复合增长率（CAGR）market.us 预计维持在 35%，2033 年全球市场规模有望突破 290 亿美元
- 人形机器人的四大核心组件模块：思维层（决策，占 23%，供应商如 Intel、NVIDIA）负责 AI 与智能交互；感知层（数据采集，占 15%，供应商如 Sony、Orbbec）依赖摄像头、激光雷达等传感器；运动层（关节运动，占 55%，供应商如 Harmonic Drive、ZD）由伺服电机、减速器等驱动；动力层（系统运行，占 7%，供应商如 CATL、Infineon）保障能源供应

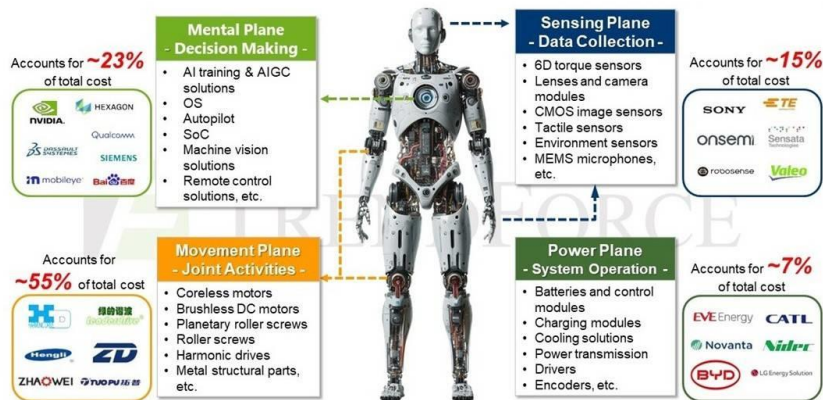
Global Humanoid Robot Market

Size, by Component, 2024-2033 (USD Billion)



资料来源：Market.us, 海通国际

Humanoid Robots – Key Components and Potential Suppliers Worldwide



资料来源：TrendForce, 海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2. 中国机器狗市场主要厂商

序	公司	机器狗代表产品	城市	成立
1	宇树科技	Go2, B2, B2-W, W1	杭州	2016年
2	智元	D1 Pro/D1 Ultra	上海	2023年
3	众擎	JS01	深圳	2023年
4	逐际动力	四足W1、双足TRON1	深圳	2023年
5	魔法原子	MagicDog	无锡	2023年
6	越疆	警用巡逻机器狗	深圳	2015年
7	云深处	绝影系列、山猫系列	杭州	2017年
8	小米	CyberDog	北京	2023年
9	鹏行智能	智能机器马	广州	2020年
10	数字华夏	卫小鹿	深圳	2024年
11	五八只能	Q20A	杭州	2022年
12	具身科技	Vbot	成都	2024年
13	腾讯Robotics X	六足机器狗	深圳	2018年
14	优宝特机器人	Y30、Y15	济南	2014年
15	蔚蓝智能	BabyAlpha、MAX	南京	2019年
16	陆吾智能	龙骧、虎贲	无锡	2020年
17	镜识科技	黑豹、Apollo	上海	2024年
18	维他动力	铜锤M1	北京	2024年

序	公司	机器狗代表产品	城市	成立
19	智身科技	X3 Stable	北京	2023年
20	七腾机器人	HachiBot	重庆	2010年
21	哈崎机器人	XGO-mini2桌面级四足机器狗	北京	2019年
22	格蓝若	灵瞳	武汉	2018年
23	中电科机器人	MOVENUB T1	上海	2019年
24	具微科技	MAXHUB X7	杭州	2025年
25	视源股份	灵睿P1	广州	1997年
26	中坚科技	四足巡检机器人	永康	1958年
27	中信重工	安防巡检机器狗	洛阳	1998年
28	汉王科技	Q20A四足机器人	北京	1999年
29	建设工业	AQR系列四足智能巡检	重庆	2005年
30	光格科技	战狼1号	苏州	2010年
31	景业智能	Sirius	杭州	2015年
32	恒之未来	BQR3智能四足机器人	重庆	2022年
33	伽利略	警务四足机器人	天津	2013年
34	申昊科技	联想晨星及爱人GS/IS、Q1	杭州	2002年
35	联想集团	Q1机器狗	北京	1984年
36	中国移动	“灵犀”和“小力”	北京	1999年

资料来源：Market.us, 海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htsec.com

2. 宇树机器狗系列

消费级



Go2
智能新物种



Go2-W
玩转全地形



Go1
天涯伴君行



A1
高密集成，突破每一次运动极限



犇犇
牛气冲天

行业级



A2
星际猎影



B2
突破巅峰 超越极限



B2-W
超越距离 释放效能



B1
IP68防水，工业级超大负载



AlienGo
多功能性，行业级应用

机械臂



Z1
灵巧机械臂，完美协同



D1-T
遥操作机械臂 助力具身智能研究

资料来源：宇树，海通国际

1. 宇树两足机器人系列

通用人形



H2
天命觉醒



R1
极致轻巧 自由改造



G1
人形智能体 AI化身



H1 / H1-2
宇树首款 通用人形机器人

应用方案



G1-Comp
为赛事打造足球巨星



铁甲拳王
铁甲拳王:觉醒!

灵巧手



Dex1-1
精巧专业



Dex3-1
力控灵巧手, 操作万物



Dex5-1
灵动多变, 随心触动

资料来源: 宇树, 海通国际



2. 宇树各型号机器狗纵向对比

型号(系列)	子型号/版本	定位	重量(含电池)	最高速度	有效负载(行走/站立)	续航(典型)	核心传感/亮点	在售状态
Go2	Air / Pro / X / EDU	消费/教育	≈15 kg	0-3.7m/s(实验室≈5m/s)	≈7-8kg(极限10-12kg, 随版本)	约1-4h(随版本)	标配4D LIDAR L1、Wi-Fi6/BT/4G、ISS 2.0 侧随、可选Orin扩展	Air¥9,997元; Pro¥18,600; X¥29,999; EDU需询价
Go2-W(轮足版)	—	消费/教育	≈18 kg	0-2.5m/s(≈9km/h)	≈8kg(极限≈12kg)	≈1.5-3h	7英寸充气轮+轮内电机, 支持越障≈70cm, 配高算力模块(Orin NX)	~¥100,000元
Go1	Air / Pro / Max / EDU	消费/教育	12 kg	17km/h(≈4.7m/s)	自适应≈3-5kg(各版不同)	—(依版本/负载差异较大)	SSS超感知(多组鱼眼双目)、ISS侧随, 适合入门/教学	Air¥16,000元; Pro¥19,900
A1	标准版 / 探索版	消费/科研	≈12 kg	持续奔跑3.3m/s(≈11.9km/h)	≈5kg	≈1-2.5h	多目深度相机, 支持激光雷达与二次开发	<¥100,000元
A2	A2 / A2-Pro	行业级	≈37 kg	0-3.7m/s(最高≈5m/s)	连续行走≈25kg / 站立≈100kg	无载>5h; 载重25kg约>3h	前后双LIDAR零盲区、热插拔双电池、支持轮腿可换(选配), IP56	~¥168,000元
B2	—	行业级	≈60 kg	>6m/s(≈21.6km/h)	行走>40kg / 站立≈120kg	无载>5h; 20kg载重>4h; 整机续航标称4-6h	关节扭矩≈360N·m, 越障≈40cm, IP67, 支持轮足形态(选配)	~¥380,000元
B2-W(轮足版)	—	行业级	≈85 kg	15km/h(≈4.17m/s)	40kg负载续航里程≈25km; 空载≈30km	里程型续航(随工况)	轮足切换、持续OTA、适合长距离巡检	~¥500,000元
B1	—	行业级	≈50 kg	≈1.2m/s	行走≈20kg / 站立≈80kg	站立≈5h; 空载行走≈2h	工业级IP67(可选IP68)、多Realsense相机与强拓展I/O	/
AlienGo	—	行业级/科研	21.5kg(不含电池)	>1.5m/s	≈13kg	≈2.5-4.6h	2组深度相机+1组V10相机, 支持选配激光雷达, 开放式接口	~¥400,000元
Laikago / Laikago Pro(历史机型)	—	早期科研/开发	≈22-24 kg	≈0.8m/s	≈7kg	≈4h	Unitree早期量产四足平台, 已停产	/

资料来源: 各公司官网, 海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2. 宇树与市面上其他机器狗横向对比

	宇树Go2 Air	智元Pro/Edu	Boston Dynamics	ANYbotics	Ghost	小米CyberDog2
						
定位	消费/教育/研发	文娱/教育/科研	工业/科研	工业巡检	安防/军工/应急	消费/教育/创客
整机重量	15kg	15kg	32.7kg	30kg	51kg	8.9kg
最高速度	2.5m/s	3.7m/s	1.6m/s	1.3m/s	0.9m/s	1.6m/s
有效负载	7-8kg	8kg	14kg	N/A	10kg	1kg
防护	N/A	IP32	IP54	IP67	IP67	N/A
大致价格	¥9,997元	Pro ¥13,000元 Edu ¥36,000元	\$75,000+美元	N/A	N/A	¥12,999元

资料来源：各公司官网，海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2. 宇树与市面上其他机器狗的软件对比

维度	开发接口 / SDK	ROS 支持	自主导航 / 任务编排	车队管理 / 云端与数据	仿真 / 强化学习 (RL)	开放度 / 文档与生态
Unitree (Go2/B2/A2)	官方 unitree_sdk2 (C++) ; 文档中心面向 Go2/B2/H1; 依赖	官方 unitree_ros2 (支持 Go2、B2、H1)。	App 侧 3D/4D LiDAR 建图、可在 App 中设定路径/自主巡逻、自主回充; 开发者可用	以移动App/本地为主; 未见官方公开的 Orbit 级云端车队平台细节 (可通过 ROS 2 与 Open-RMF	官方 unitree_mujoco、unitree_rl_gym / rl_lab (IsaacLab), 支持 Sim-to-Real; 第三方 Go1/Go2 RL 项目丰富。	文档中心 + 官方 GitHub BSD 许可仓库; App 端支持图形化编程与 OTA。
Boston Dynamics Spot	Spot SDK (Python 客户端 + 协议), 含完整概念文档/示例/协议参考	非原生 ROS, 由 BDAI 维护 spot_ros2 封装; 知识库明确“Spot 不原生 ROS”。	GraphNav + Autowalk 原生支持“教/重放/编辑”任务; 多 Dock 跨点位与回	Orbit (云/本地 Site Hub) 提供远程操作、任务调度、数据聚合与 AI	社区提供 Webots/IGN 仿真与 ROS 2 行为树等工具; 研究界在 Spot 上有大量 SLAM/导航/操控论文与代码。(GitHub)	开发者门户文档极其完备, API/协议/示例/Release Notes/Orbit API 齐全。(Spot SDK Documentation)
ANYbotics ANYmal	提供 ANYmal SDK (C++/Python/gRPC) 与 API 白皮书, 便于控制任	科研计划提供 ROS-based 开放架构; 工业线对外以产品化工具为主。	Workforce App 用于任务部署/回看; 整套自主巡检能力面向工厂场景交付。	官方披露基于 AWS 的远程更新、任务下发、数据 API 管理, 便于与企业 IT/OT	官方资料与学术社区长期基于 Gazebo/ROS 的研究生态。(ETH Zürich)	提供 API 白皮书与“开放 ROS 架构”说明, 重交付服务。(ANYbotics)
DEEP Robotics (X30/Lite3)	Lite3/科研线公开 ROS/UDP 转换、URDF/控制示例; 工业线以定制交付	Lite3/ROS 2 官方仓库与教程较全; X30 对 ROS 2 兼容由合作方方案与资料体现。	官方页面强调极端光照/无光融合感知与自主通行; 工业线提供“里程/长任务”能力。	公开资料以产品宣传与支持页为主, 车队/云平台细节较少; 可对接 ROS 2 生态自建。	官方 GitHub 提供 URDF/学习型行走控制与 ROS 2 部署示例。	开放度介于科研与工业间; 多由项目/伙伴补齐文档与平台服务。(Deep Robotics)
Ghost Robotics Vision 60	Ghost SDK / Ghost OS 提供从低层到高层接口 (含力矩/足端力等	业界资料指出 Ghost 软件大量采用 ROS 2; 也有第三方 ROS 包/仿真。	面向军警/安防任务, SDK 可自定义行为与自治; 自主能力/规程多在项目	强调与企业/国防系统与云服务集成的“开放架构”, 具体平台以项目化为主	提供仿真/诊断工具 (随 SDK 套件); 学界/集成商项目示例较多。(Farrwest)	对外公开文档有限, 多通过数据表/合作方说明能力。
Xiaomi CyberDog 2	官方 ROS 2 包开源, 含 gRPC 控制与系统服务封装。	官方 cyberdog_ros2; 社区插件/示例活跃。	面向家用/创客, 自主导航/交互功能基础, 适合研究验证。	无官方车队平台; 以开源与社区工具为主。	社区开源示例与插件丰富, 适合课程/教学。	完全开源 ROS 2 包与社区讨论区。

资料来源: 各公司官网, Github, 海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

Unitree Go2

全新升级交互仿生四足机器人

超感知系统
4D LIDAR L1

奔跑最大速度
约5m/s
(实验室环境所测)

最大关节扭矩
约45N.m

无线模组
Wi-fi6/蓝牙/4G

超长续航
约2h-4h
(长续航版电池实验
测得)

智能伴随系统
ISS 2.0

资料来源：宇树，海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2. 四款机器狗对比

站立尺寸 70cm×31cm×40cm
 关机趴下尺寸 76cm×31cm×20cm
 带电池重量 约 15kg
 材质信息 铝合金 + 高强度工程塑料
 供电电压 28V~33.6V
 工作最大功率 约 3000W



		AIR	PRO	X	EDU
性能参数	载荷	≈7kg (极限~10kg)	≈8kg (极限~10kg)	≈8kg (极限~12kg)	≈8kg (极限~12kg)
	运动速度	0~2.5m/s	0~3.5m/s	0~3.7m/s (极限~5m/s)	0~3.7m/s (极限~5m/s)
	最大攀爬落差高度	约 15cm	约 16cm	约 16cm	约 16cm
配件	高算力模组	×	×	×	选配 NVIDIA Jetson Orin (40-100Tops 算力)
	深度相机	×	×	×	√
	智能电池	标准 (8000mAh)	标准 (8000mAh)	标准 (8000mAh)	长续航 (15000mAh)
	续航时间	约 1-2h	约 1-2h	约 1-2h	约 2-4h
	充电器	标准 (33.6V 3.5A)	标准 (33.6V 3.5A)	标准 (33.6V 3.5A)	快充 (33.6V 9A)
	保修期 [7]	半年	1 年	1 年	1 年
	售价 (含税)	¥9997	¥18600	¥29999	¥59999起

资料来源：宇树，海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2. 四款机器狗对比

膝关节内走线
图形化编程
关节热管辅助散热
前置照明灯
超广角 3D 激光雷达
WiFi6 双频无线
智能 OTA 升级
蓝牙 5.2/4.2/2.1
RTT 2.0 图传
高清图角相机
图形化编程



		AIR	PRO	X	EDU
关节参数	基础算力	×	8 核高性能 CPU [4]	8 核高性能 CPU	8 核高性能 CPU
	最大关节扭矩	×	约 45N.m	约 45N.m	约 45N.m
	铝合金精密关节电机	12 个	12 个	12 个	12 个
	超大关节运动空间	机身: -48~48°	机身: -48~48°	机身: -48~48°	机身: -48~48°
		大腿: -200°~90° 小腿: -156°~-48°	大腿: -200°~90° 小腿: -156°~-48°	大腿: -200°~90° 小腿: -156°~-48°	大腿: -200°~90° 小腿: -156°~-48°
传感器参数	无线矢量定位伴随模组	×	√	√	√
	足端力传感器	×	×	×	√
功能列表	自动伸缩提手带	×	√	×	×
	4G 模组 (带 GPS)	×	√	√	√
	语音功能	×	√	√	√
	ISS 2.0 智能伴随	×	√	√	√
	充电桩支持	×	×	√	√
	二次开发	×	×	√	√
	手持式遥控器	选配	选配	√	√

资料来源: 宇树, 海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2. 宇树机器狗介绍

狗头: 前向感知与防护外壳

激光雷达 (Unitree LiDAR L1): 宇树自主研发, 4D环境感知/避障, 测距范围 0.1m-40m, 角分辨率 0.1°, 扫描频率 10Hz

机身: 碳纤维复合材料+镁铝合金框架, 轻量化(整机约 15kg) 且具备抗扭刚性

髋关节: 三自由度执行单元(俯仰、横滚、偏航), 单关节最大扭矩 $30N \cdot m$, 俯仰角度范围 -90° 至 $+90^{\circ}$, 横滚角度范围 -45° 至 $+45^{\circ}$, 偏航角度范围 -180° 至 $+180^{\circ}$

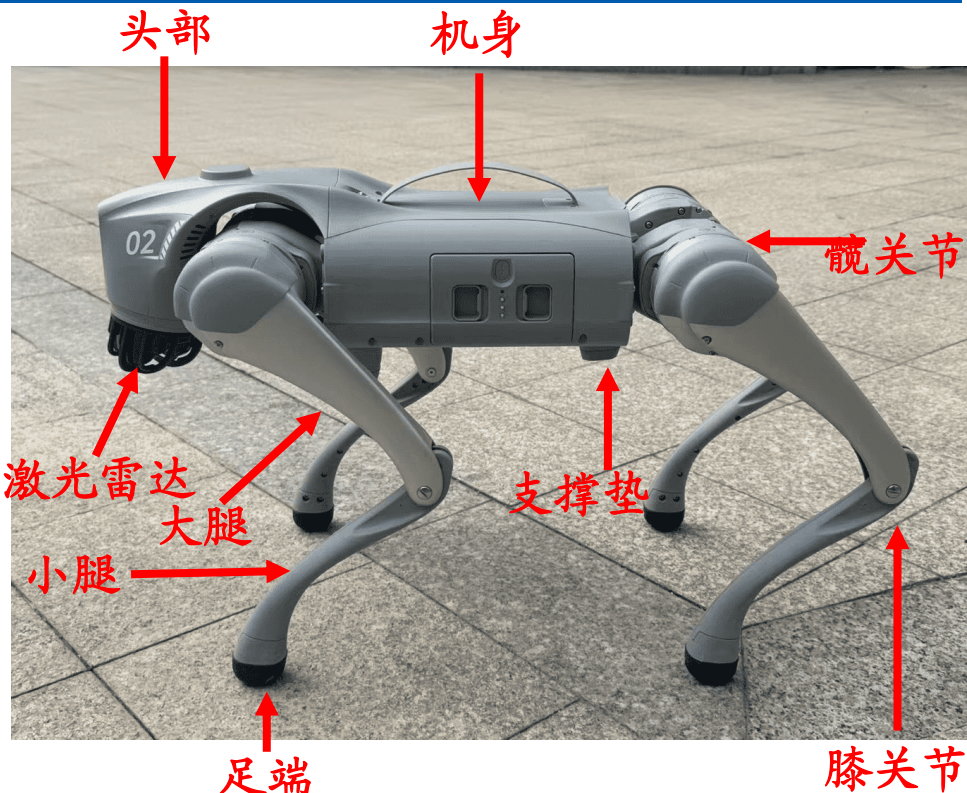
大腿: 承力连杆, 内置宇树自研伺服电机(峰值功率 500W, 额定转速 3000rpm) 与谐波减速器(减速比 1:50), 传动效率 $> 90\%$

膝关节: 单关节最大扭矩 $20N \cdot m$, 角度范围 -120° 至 $+30^{\circ}$

小腿: 末端连杆, 采用 7075 铝合金材质, 轻量化且抗弯折

支撑垫: 高弹性橡胶, 邵氏硬度 70A, 具备减振与防滑功能, 落地时可吸收 60% 冲击能量

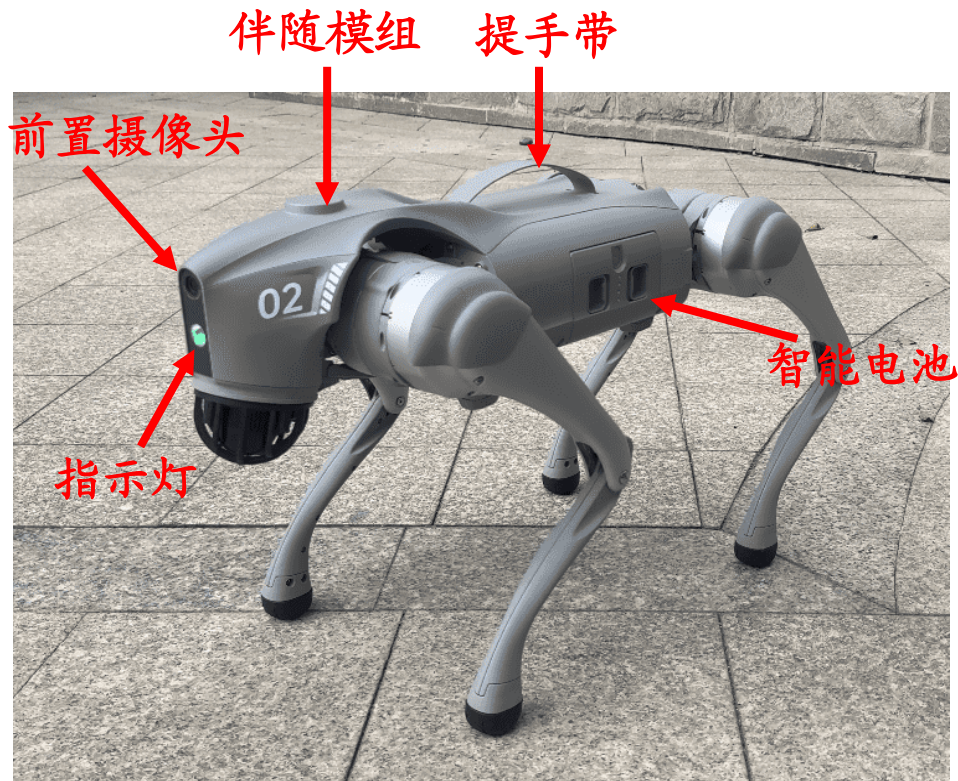
足端: 接地接触面, 可更换脚垫/抓地纹



资料来源: 宇树, 海通国际

2. 宇树机器狗介绍

- **前置摄像头:** 配备双目摄像头模组（RGB + 深度），RGB 摄像头分辨率 1080P@30fps，深度摄像头视场角 60°，支持目标识别（人形、物体）与视觉 SLAM 辅助定位）
- **伴随模组:** 集成ISS 智能伴随系统，基于“视觉 + 激光雷达”多传感器融合，实现厘米级跟随精度（跟随误差 < 5cm），支持动态避障（避障响应时间 < 200ms）与自主路径规划，可在复杂场景中稳定伴随人员移动
- **提手带:** 采用高强度尼龙材质，支持单人快速搬运
- **智能电池:** 宇树自研快拆式锂电池，容量 8000mAh，典型负载下续航约 2 小时
- **指示灯:** 电源/状态/故障提示



资料来源：宇树，海通国际

2. 移动端控制界面

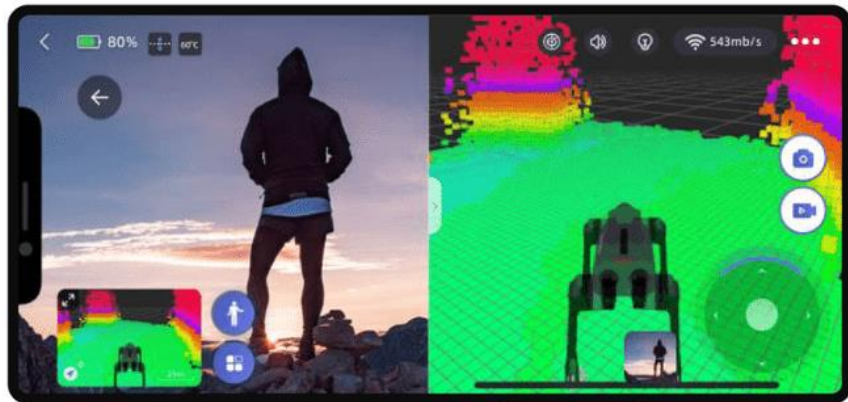
- **左侧界面（室内场景）：**集成多维度控制功能：顶部显示电池电量、机身 / 电机温度、无线传输速率等核心状态数据；中部设有虚拟摇杆、音量 / 亮度调节滑块，支持“双指滑动切换模式”；下方布局“跟随、巡逻、握手”等预设动作按钮，以及“热成像、语音、锁足”等功能开关，还可通过摄像头 / 录像按钮实时回传机器狗视角画面。同时设有故障预警区域，可提示“控制设备异常”“通讯异常”等问题，保障运行可靠性
- **右侧界面（户外场景）：**采用双视窗设计：左窗为机器狗实时摄像头画面，右窗为三维热成像 / 深度感知视图，可直观呈现环境温度分布、地形轮廓（如彩色热力图）；底部保留热成像缩略图与核心控制按钮，便于在复杂户外场景下（如山地、荒野）实现“视觉+热感”的多模态环境感知，辅助机器狗完成避障、目标识别等任务

图：室内场景



资料来源：宇树，海通国际

图：室外场景



资料来源：宇树，海通国际

2. 语音交互

- 唤醒词 + 命令词的组合，实现对机器狗的多场景控制，覆盖基础操作、运动模式、互动娱乐、安全避障等核心需求，是其“消费级易用性”与“技术智能化”的直观体现
 - **语音识别与语义理解：**支持多句式指令（如“跳舞”“跳个舞”同义触发），体现宇树在自然语言处理（NLP）上的技术积累，可精准识别用户意图；
 - **场景化交互设计：**指令集既覆盖“爬楼梯、避障”等工业级功能，又融入“跳舞、拜年”等娱乐化动作，是“消费级体验”与“技术实用性”的融合，反映其在消费市场的差异化竞争力；
 - **交互闭环构建：**从“语音指令输入”到“个性化语音回应”再到“动作执行”，形成完整的人机交互链路，大幅降低操作门槛，提升用户对“四足机器人智能化”的感知度。

类型	词条	语音回答	对应动作
唤醒	你好笨笨	我在	
命令词	增大音量/声音大点	好的主人	调节音量
命令词	减小音量/声音小点	好的主人	调节音量
命令词	跳舞/跳个舞	轮到我开始表演了	做跳舞动作
命令词	扭屁股/扭扭屁股	早睡早起咱们来做运动	执行扭屁股
命令词	拜年/拜个年	恭喜发财红包拿来	起立作揖
命令词	锁定/锁定模式/停下/别动了	立正	停止运动并锁定
命令词	解除锁定/解锁	已进入运动模式	解除锁定
命令词	向前走/走两步	我来啦	解除锁定并启动运动模式前讲2s
命令词	爬楼梯/爬楼梯模式	我要一步一步往上爬	启动爬楼梯模式
命令词	跑起来/跑步模式	我是牛翔	启动跑步模式
命令词	避障/开启避障/打开避障	已经打开避障模式	启动避障模式
命令词	关闭避障/退出避障	已经关闭啦	关闭避障模式

资料来源：宇树，海通国际

2. 四足机器人实训平台

宇树四足机器人实训平台是宇树科技于 2025 年 10 月推出的教育解决方案，核心围绕具身智能机器人技术-运维-应用研发全链条能力培养，以 Unitree Go2 生态为基础构建了仿真-上机-竞赛-实训项目一体化路径。

- 平台以 Unitree Go2 为基础机型，具备 4D 激光雷达（360° × 90° 超广角，0.05 米最小探测距离）、深度相机、AI 视觉传感器等多模态感知系统，可实现复杂环境下的自主避障与导航。进阶型号 Go2 Edu Plus 支持搭载 Jetson Orin NX 计算平台、D1 机械臂及更高精度激光雷达（如 Mid-360 或 Hesai XT16），满足工业级任务开发需求。
- 标配标准化实训台，集成充电坞、传感器校准装置及物理防护结构，支持机器人在安全可控环境下完成跳跃、倒立、上下楼梯等动态动作训练。紧急制动系统与远程调试功能进一步降低操作风险。

类别	实验	内容
本体电机控制类	电机正反转实验	电机控制原理、C++ 编程基础
	电机角度精确控制实验	电机控制原理、网络串口基础
感知传感类	视觉信号采集实验	SDK 调用初阶、OpenCV 实操
	IMU 数据读取实验	嵌入式开发实操
	激光雷达数据读取实验	Unitree SDK2 调用初阶、ROS2 初阶开发
项目实训类	声音信号读取与识别	二次开发进阶、离线语音识别与动作执行
	四足机器人运维	基础与进阶运维、整机拆解、整机标定
	四足机器人模拟巡检	Unitree SDK2 调用进阶、机器人运动规划进阶、机器人步态规划

图：实训台配置清单



资料来源：宇树，海通国际

3. 结构分拆

我们将宇树机器狗 Go2 Air 拆解为多个功能模块与机械结构单元，主要包含以下核心部分：

主控板（主控制单元）：作为机器狗的“中枢大脑”，承担指令运算、系统调度等关键任务，是实现智能化控制的核心硬件载体

无线通讯模块（信号收发单元）：负责机器狗与外部设备的信息交互，保障远程控制指令传输、数据回传的稳定性与实时性

传感器模块：集成视觉、惯性等传感器，为机器狗提供环境感知、运动姿态监测能力，是其实现自主导航、稳定行走的感知神经

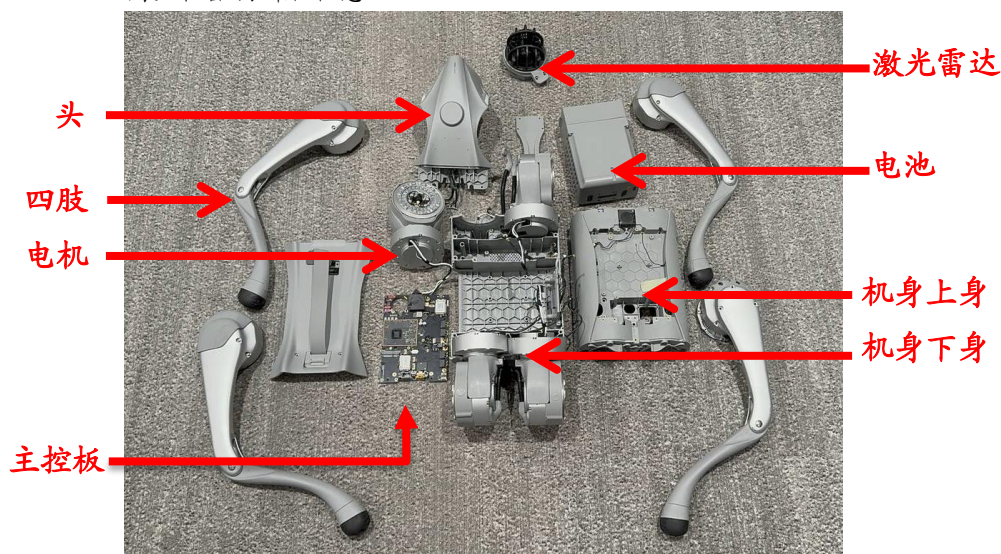
四肢机械结构：采用多自由度关节设计，是机器狗实现灵活运动、复杂地形适应的机械基础，支撑整机的动态行走与动作执行

图：机器狗拆前站立状态



资料来源：海通国际

图：机器狗拆后状态

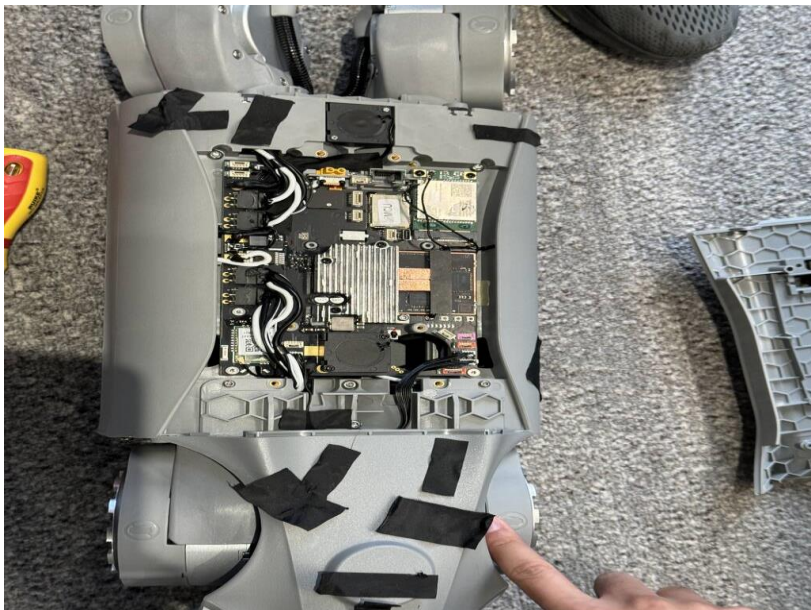


资料来源：海通国际

3. 结构分拆：主控板

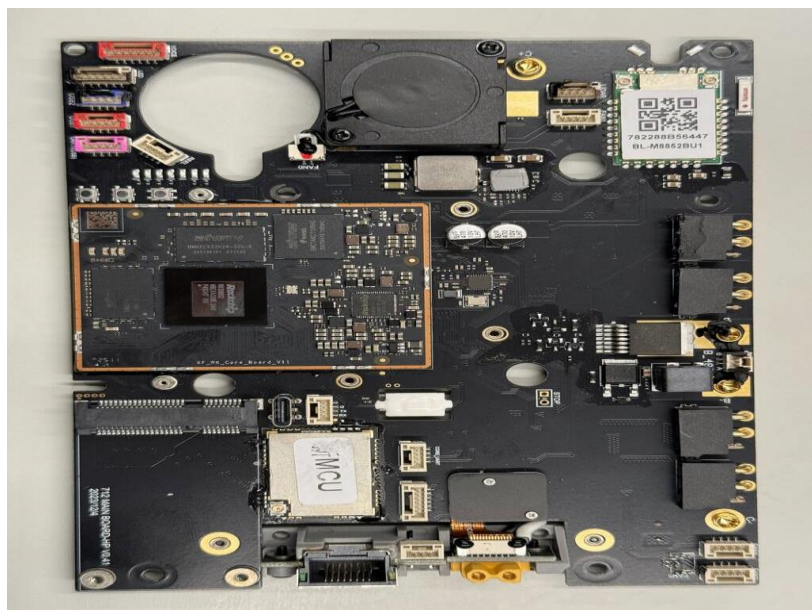
- PCBA 模块是机器狗的运动控制、指令传输的核心，含核心板（主控制单元）和无线通信模块（信号收发单元），均位于机器狗躯干中部的防护仓内（靠近电池仓）。核心板与无线通信模块采用“集中式安装”设计，防护仓既保障机械固定、又起到电磁屏蔽作用

图：机器狗主控板俯视



资料来源：海通国际

图：机器狗主控板进一步拆开细节



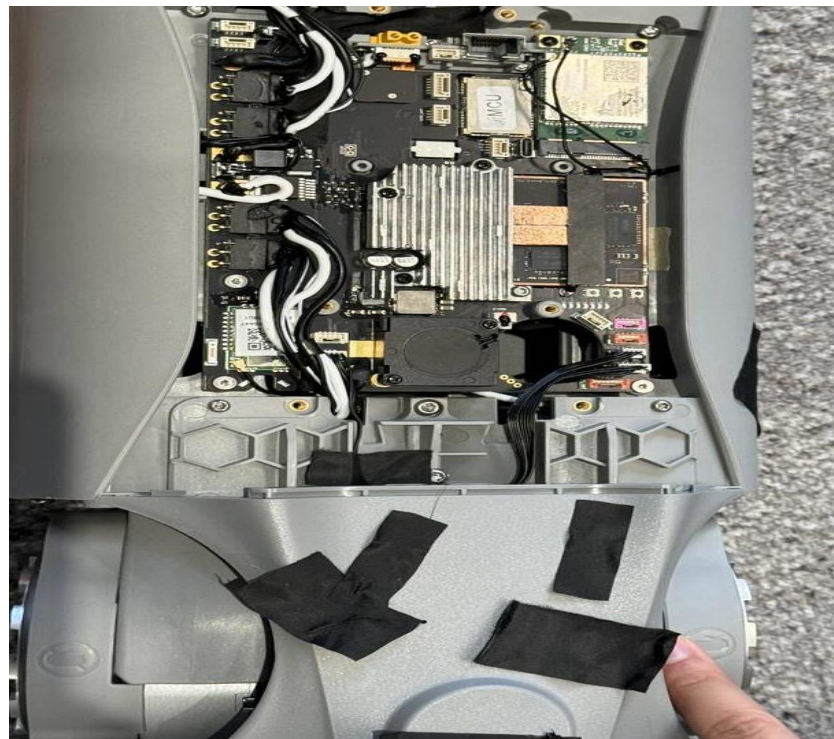
资料来源：海通国际

3. 结构分拆：主控板

主控板采用**模块化设计思路**，将功能模块分离布局，大幅提升系统可靠性与可维护性，是实现“感知 - 决策 - 执行”闭环的核心硬件载体：

- **核心板模块**：作为“运算大脑”，搭载高性能工业级芯片，承担算法处理（如运动规划、AI 视觉识别）、数据融合与系统调度任务，为实时控制提供强大算力支撑；
- **通信模块**：涵盖无线（如 Wi-Fi、蓝牙）与有线（如 CAN 总线、串口）通信单元，负责主控板与动力模块、外设、上位机的双向数据交互，保障指令与数据的实时传输；
- **电源管理模块**：具备多档位电源转换、稳压及保护功能，为处理器、传感器、通信模块等提供稳定供电，是整机电力调度的“心脏”；
- **热管理模块**：集成散热风扇、散热器等组件，针对处理器等高发热单元进行主动散热，确保主控板在高负载下的热稳定性与寿命；
- **传感器接口模块**：集成与陀螺仪、加速度计、磁力计、雷达、摄像头等传感器的适配电路，实现运动状态、环境信息的高速采集与预处理，是机器狗“感知外界”的硬件桥梁；
- **附属支持模块**：包含端子、接插件、线束等，为各功能模块的物理连接、信号传输提供标准化接口，提升装配与维护的便捷性

图：机器狗主控板俯视



资料来源：海通国际

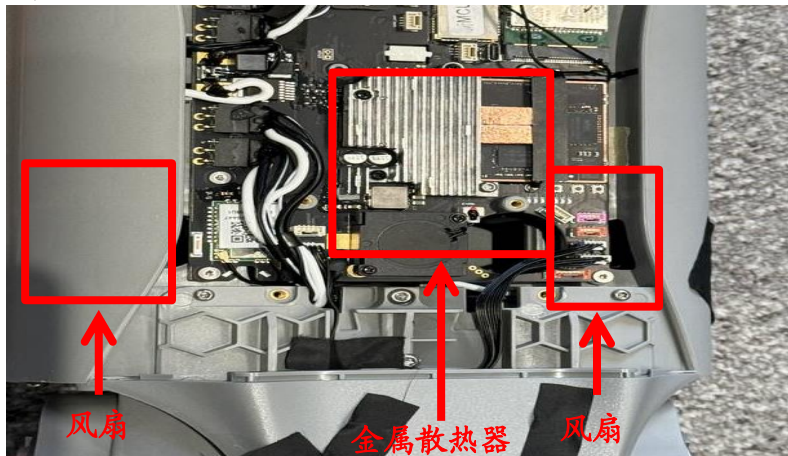
3. 结构分拆： 主控板-热管理模块

热管理模块是核心主控板在高负载场景下稳定运行的关键保障，其设计旨在高效导出中央处理器、电源管理芯片等高热部件的热量，维持板卡处于安全温度区间，避免因过热导致算力衰减、硬件损坏

- **主动散热风扇**：采用低噪音、高风量的工业级风扇，支持智能转速调节（由主控板温度传感器数据驱动）。在低负载时低速运行以降低功耗与噪音，高负载时满速运转强化散热
- **金属散热器**：多采用铝合金或铜质鳍片式结构，通过增加散热表面积提升热交换效率。部分关键芯片（如中央处理器）配备定制化鳍片散热器，鳍片密度与布局经流体力学仿真优化，最大化空气接触面积

若缺乏高效热管理，主控板将因过热触发降频机制：中央处理器运算速度下降，直接导致机器狗运动控制响应延迟（如行走卡顿、越障动作不连贯）、传感器数据处理滞后（如环境感知慢半拍），严重时甚至会烧毁芯片。热管理模块是机器狗实现“持续可靠运行”的硬件基石之一

图：机器狗主控板俯视



资料来源：海通国际

图：金属散热器正面及反面



资料来源：海通国际

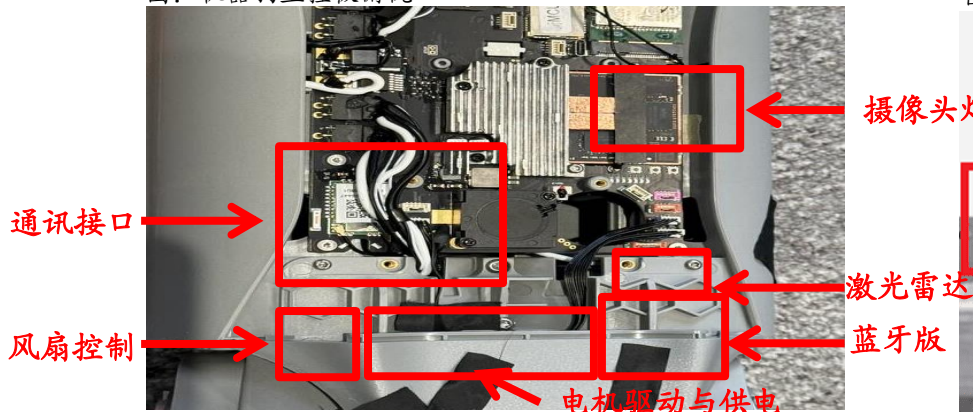
For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3. 结构分拆： 主控板-通信模块

通信模块是核心主控板的数据传输中枢，承担着“内外互联”的关键使命——对内实现主控板与各功能模块的实时数据交互，对外支撑与上位机、远程终端的指令通信，是保障整机“感知-决策-执行”闭环高效运转的核心纽带，采用“有线+无线”双架构设计，覆盖不同场景下的传输需求，各组件功能分工明确：

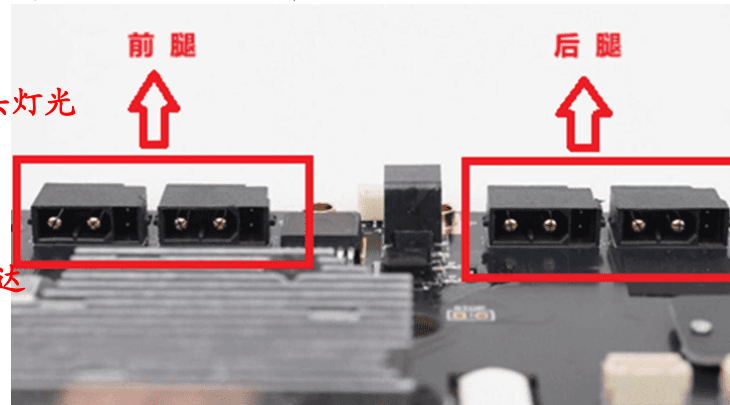
- 有线通信单元：
 - CAN总线接口：主控板与动力驱动模块、传感器模块（如陀螺仪、雷达）的高速数据传输，具备抗干扰能力强、传输延迟低（毫秒级）、支持多节点挂载的优势，适配机器狗运动控制指令的实时下发与传感器数据的同步回传
 - 串口（UART）/SPI/I2C接口：针对低速率、短距离的模块交互
- 无线通信单元：
 - Wi-Fi模块：负责与电脑、平板的高速数据交互，可传输摄像头画面、实时运动姿态数据，同时支撑远程控制指令的低延迟传输
 - 蓝牙模块：聚焦短距离无线交互，适用于近距离调试（如参数配置、程序升级）、手机APP控制等场景

图：机器狗主控板俯视



资料来源：海通国际

图：电机驱动与供电细节



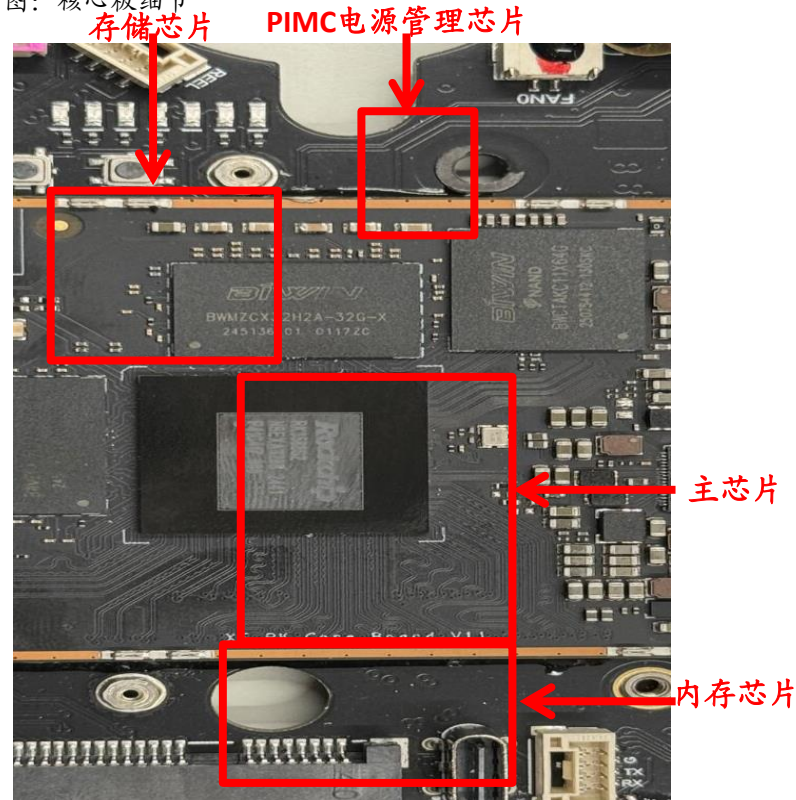
资料来源：海通国际

3. 结构分拆： 主控板-核心板

核心板模块是主控板的**核心功能载体**，作为模块化架构的核心单元，它集成了中央运算、数据存储、核心逻辑控制等关键功能，是实现“指令解析-数据处理-决策输出”的核心枢纽，其性能直接决定机器狗的运算速度、响应灵敏度与智能化水平

- **主芯片 (CPU/MCU)**：机器狗的“**决策大脑**”，搭载高性能处理器（如 ARM Cortex-A/R 系列、专用运动控制 MCU），主频可达数百兆赫兹至千兆级，具备强大的定点/浮点运算能力与并行处理效率。针对机器狗场景优化，支持硬件级运动控制算法加速、多传感器数据融合引擎，可同时承载运动规划、AI 视觉识别、姿态解算等多任务并行运行
- **PIMC电源管理芯片**：核心板的“**能源调度中心**”，负责为其余三大芯片及周边电路提供稳定、精准的供电
- **存储芯片**：机器狗的“**程序仓库**”，负责永久存储系统与算法数据，保障掉电后数据不丢失。采用大容量 Flash 芯片（如 eMMC、SPI Flash），固化操作系统内核、运动控制算法、AI 模型、驱动程序等核心软件，支持掉电数据永久保存，且具备 OTA 升级兼容性
- **内存芯片**：机器狗的“**临时数据缓冲区**”，负责高速存储运算中间数据，保障主芯片运算效率

图：核心板细节



资料来源：海通国际

3. 结构分拆：主控板-核心板



瑞芯微 (Rockchip) RK3588S2 芯片

资料来源：海通国际

一、核心架构与性能

- CPU 部分：采用**8核64位异构架构**，包含4个Cortex-A76大核（主频最高2.4GHz）和4个Cortex-A55小核（主频1.8GHz），基于**8nm**先进制程工艺，兼顾高性能运算与低功耗表现，可同时处理机器狗的运动控制、传感器数据解析、AI算法等多任务
- GPU部分：集成**ARM Mali-G610 MC4四核图形处理器**，承担着图形渲染、视觉数据加速处理等关键作用
- AI算力（NPU）：集成**6TOPS算力的神经网络处理单元**，支持多精度混合运算，能高效运行TensorFlow、PyTorch等框架下的AI模型，为机器狗的视觉识别（如障碍物分类）、运动规划（如动态避障路径生成）等智能化功能提供算力支撑

二、多媒体与感知能力

- 图像与视频处理：内置**48MP ISP**（图像信号处理器），支持多摄像头输入、HDR（高动态范围）与**3DNR**（三维降噪）技术，可精准处理机器狗视觉传感器（如摄像头）的图像数据；同时支持**8K@60fps**视频解码与**8K@30fps**视频编码，保障高清视觉信息的实时处理与传输。
- 多传感器融合：通过丰富的硬件接口（如MIPI-CSI、SPI、I2C等），可对接陀螺仪、加速度计、雷达等多类型传感器，实现运动姿态监测、环境感知数据的高速采集与融合，为机器狗的稳定行走、自主导航提供感知基础。

三、接口与系统扩展性

- 高速接口支持：具备PCIe 3.0、USB 3.1、CAN总线、千兆以太网等丰富接口，可与机器狗的**通信模块（实现远程控制与数据回传）、存储模块（加载算法模型与配置文件）、动力驱动模块（下发关节控制指令）**等实现高速数据交互，兼顾系统稳定性与可扩展性。

3. 结构分拆：主控板-核心板



瑞芯微 (Rockchip) RK806-1
PIMC电源管理芯片

一、硬件定位与核心功能

- 多通道供电输出：集成**10路同步降压 DC-DC 转换器**与**6路 LDO 线性稳压器**，可输出 3.3V、1.8V、1.2V 等多档位稳定电压，为核心板的主芯片 (RK3588S2)、存储芯片、内存芯片及周边电路提供精准供电
- 动态功耗管理：支持电压动态调节 (DVS) 与负载瞬态响应优化，可根据主芯片的运算负载实时调整供电功率 (如高负载时提升电流输出，低负载时降低功耗)，平衡性能与能耗
- 安全保护机制：内置过流、过压、过热、短路保护电路，当供电异常时自动切断输出，避免核心板元器件烧毁，是系统可靠性的关键保障

二、技术架构与设计亮点

- 模块化电源通道：DC-DC 转换器：适用于大电流、大压差场景 (如主芯片供电)，效率高且支持快速负载响应；LDO 稳压器：用于低噪声、小电流模块 (如传感器接口电路)，输出纹波小，保障信号完整性
- 可编程上电时序：通过 OTP (一次性可编程) 配置上电 / 断电序列，确保核心板各芯片按 “先电源、后启功能” 的逻辑有序启动，避免因上电顺序混乱导致的系统故障
- 通信与协同能力：支持 I2C/SPI 通信协议，可与主芯片 (RK3588S2) 实时交互供电状态数据，实现 “负载变化 - 电压调节 - 状态反馈” 的闭环管理

资料来源：海通国际

3. 结构分拆：主控板-核心板

一、硬件定位与核心参数

作为非易失性存储芯片，它采用 NAND 闪存架构，容量为64GB，具备以下核心特性：

- 存储类型：MLC（多层单元）或 TLC（三层单元）闪存（需结合具体型号参数，佰维此系列以高可靠性见长），支持SLC缓存加速技术，兼顾读写速度与寿命
- 接口协议：兼容 eMMC 5.1 或 UFS 2.1 标准（从封装与工业级定位推测），可实现高速数据读写，满足机器狗系统程序与数据的快速加载需求



二、在机器狗系统中的功能价值

- 程序存储：固化机器狗的实时操作系统（RTOS）、运动控制算法库、AI 模型（如视觉识别模型）、驱动程序等核心软件，确保掉电后数据永久保存；同时支持 OTA（空中升级），可通过无线通信模块远程更新程序，实现功能迭代
- 数据存储：存储机器狗的配置参数（如关节运动参数、传感器校准数据）、运行日志（如故障记录、运动轨迹）、临时缓存数据（如未及时上传的视觉信息），是系统“数据安全与可追溯”的硬件保障

三、技术优势与系统协同

- 工业级可靠性：采用宽温（-40°C~85°C）设计，具备抗震动、抗电磁干扰能力，可在机器狗复杂的运动与工作环境下稳定运行；内置坏块管理与 ECC（错误校验）技术，保障数据存储的完整性
- 与主芯片协同：通过高速接口（如 eMMC 总线）与主芯片（RK3588S2）直连，程序加载延迟低至毫秒级，确保机器狗开机后可快速进入工作状态；数据读写过程中，主芯片可通过指令调度优先保障关键程序（如运动控制）的访问权限

佰维存储（BIWIN）的 NAND 闪存芯片
型号：BWCTAKC11X64G

资料来源：海通国际

3. 结构分拆：主控板-核心板



佰维存储 (BIWIN) 的 LPDDR4X
内存芯片
型号: BWMZCX32H2A-32G-X

资料来源：海通国际

一、硬件定位与核心参数

作为低功耗高速内存芯片，它属于 LPDDR4X（低功耗双倍数据速率第四代增强版）架构，具备以下核心特性：

- 容量与速率：单颗容量4GB，数据传输速率可达4266Mbps，采用双通道设计（宇树机器狗中配备2颗，总容量8GB），满足多任务并发运算的高带宽需求
- 功耗优化：工作电压低至0.6V（相比 LPDDR4 降低约 45%），在保障性能的同时大幅降低能耗，适配机器狗对续航与散热的严苛要求
- 工业级设计：通过抗震动、抗电磁干扰测试，可在机器狗动态运动、复杂环境下稳定运行

二、在机器狗系统中的功能价值

- 实时数据缓存中枢：承担机器狗多传感器数据流（陀螺仪姿态、雷达障碍物、摄像头图像帧）、主芯片（RK3588S2）运算中间结果、运动控制指令队列的高速缓存任务，为“感知-决策-执行”闭环提供纳秒级延迟的数据交互能力
- 算力释放加速器：配合主芯片的异构计算架构（CPU+NPU+GPU），通过高带宽 LPDDR4X 总线实现数据的并行吞吐，避免因内存瓶颈限制主芯片算力输出，确保运动控制、AI 视觉识别等任务的实时性与流畅性

三、技术优势与系统协同

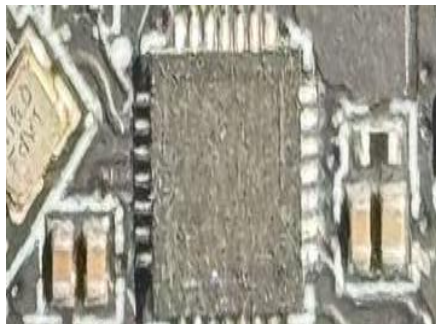
- 高密度堆叠封装：采用先进封装技术，在狭小空间内实现大容量存储，适配核心主控板的紧凑布局需求
- 与主芯片深度协同：通过RK3588S2 的内存控制器直连，支持多通道并行读写，为主芯片的多传感器融合、AI 模型推理等重负载任务提供“无阻塞”的数据支撑
- 可靠性冗余设计：内置ECC 纠错机制，可自动检测并修复数据错误，保障复杂运算场景下的数据完整性，避免因内存故障导致系统崩溃

3. 结构分拆： 主控板-核心板

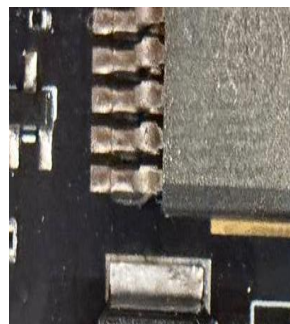
其余部分芯片进行了打磨处理：



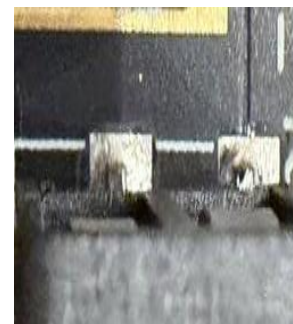
位于核心板侧方



位于核心板旁边，其旁边设有25.0MHz贴片晶振



位于电源输入端，
MOS管型号



MOS管型号

资料来源：海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3. 结构分拆： 主控板-无线通信板块

搭载的移远 EC20 CEFILG MINIPCI-E 无线通信模块，为其提供4G 通信与多星座定位能力，是实现远程运维、精准导航的关键硬件支撑：

- 模块属性：**移远 EC20 CEFILG MiniPCIe** 版本，属于 LTE Cat4 模组，支持多网络制式（兼容国内外主流 4G 频段），并集成多星座 GNSS 接收机（GPS/GLONASS/ 北斗），专为 M2M（机器对机器）和 IoT（物联网）场景设计
- 在宇树机器狗中的核心价值：
 - 远程通信与运维：机器狗在工业巡检、户外科研等场景中，可通过 4G 网络实现实时数据传输（如雷达点云、热成像画面），支持远程操控、状态监控与固件升级，突破空间限制实现跨区域管理
 - 精准定位辅助：内置 GNSS 接收机，在无 WiFi 覆盖的野外、厂区等环境下，提供亚米级定位精度，为自主导航、路径规划、任务轨迹记录提供可靠位置信息，确保巡检或探索任务的空间准确性
 - 物联网生态兼容：作为 M2M/IoT 专属模组，便于机器狗接入工业物联网平台，实现规模化设备管理（如多台机器狗的远程集群调度）、数据聚合分析与智能决策，赋能工业级场景的智能化应用

图：无线通信模块正反面

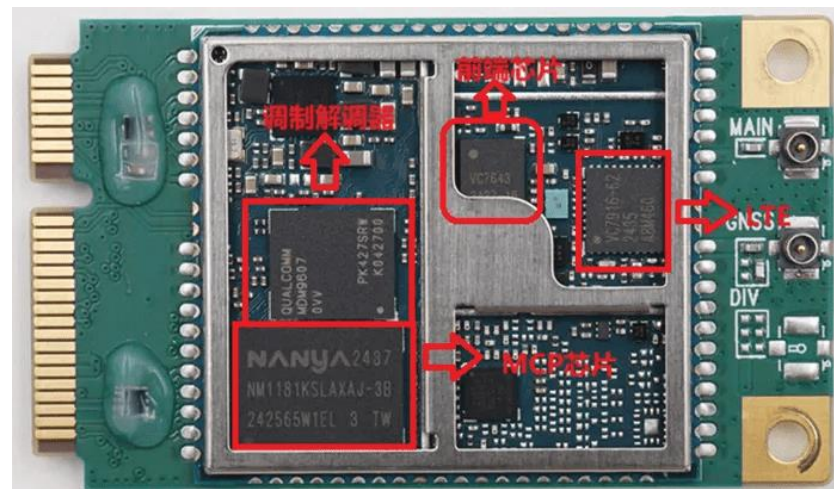


资料来源：海通国际

3. 结构分拆： 主控板-无线通信板块

- **调制解调器 (QUALCOMM MDM9607)**：由高通提供的基带芯片，是通信模组的“大脑”，负责4G信号的调制解调、协议处理，支持LTE Cat4网络制式，保障高速数据传输（下行150Mbps、上行50Mbps）
- **MCP芯片 (NANYA NM1181KSLAXAJ-3B)**：内置128MB SLC闪存和128MB LPDDR2内存，采用162-ball BGA封装，为模组运行提供存储与运算空间，支撑固件程序、临时数据的处理
- **前端芯片 (VC7643)**：负责射频信号的收发与放大，是连接天线与基带芯片的“桥梁”，保障4G信号的稳定接收与发射
- **LTE芯片 (XC7916-62)**：唯捷创芯卫星定位芯片，支持GPS/GLONASS/北斗等系统，为设备提供亚米级定位精度，赋能自主导航、轨迹追踪等场景

图：无线通信模块细节



资料来源：智享新动力，海通国际

3. 结构分拆： 主控板-无线通信板块



高通的调制解调器
型号： MDM9607

一、硬件定位与核心参数

- **技术定位：** 专为物联网（IoT）和机器对机器（M2M）场景设计，是 4G 通信与卫星定位的“双功能中枢”
- **核心参数：**
 - 通信标准： 支持LTE Cat4，下行速率最高 150Mbps、上行 50Mbps，兼容全球主流 4G 频段（FDD-LTE/TDD-LTE）；
 - 定位能力： 集成GPS/GLONASS/ 北斗多星座 GNSS 接收机，开阔环境下可实现亚米级定位精度

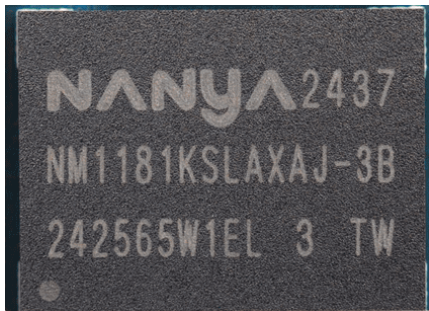
二、在机器狗系统中的功能价值

它是机器狗 4G 通信与定位能力的“心脏”——一方面通过高速 4G 网络实现雷达点云、热成像画面的实时远程传输，支持跨区域的远程操控、状态监控与固件升级；另一方面借助多星座 GNSS，在无 WiFi 覆盖的野外、厂区等环境中提供精准位置信息，为自主导航、路径规划等功能奠定硬件基础

资料来源：海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3. 结构分拆： 主控板-无线通信板块



南亚MCP芯片

型号： NM1181KSLAXAJ-3B

一、硬件定位与核心参数

- 定位： 内置128MB SLC 闪存和128MB LPDDR2 内存，采用 162-ball BGA 封装

二、在机器狗系统中的功能价值

- 闪存部分用于存储 4G 通信协议、GNSS 定位算法等固件程序，确保功能的稳定运行；
- 内存部分则缓存实时网络参数、定位坐标等临时数据，为模块的流畅运算提供空间，保障 4G 通信与卫星定位功能的高效协同

资料来源：海通国际

3. 结构分拆： 主控板-无线通信板块



唯捷创芯LTE芯片
型号： VC7916-62

一、硬件定位与核心参数

- **定位：**是一款四波段高功率高效前端模组，内置 16 路天线开关，支持多频段通信（兼容 4G 等主流网络制式），属于唯捷创芯面向物联网（IoT）和机器对机器（M2M）场景的射频解决方案

二、在机器狗系统中的功能价值

- 负责**4G 射频信号的收发与放大**，是“天线与基带芯片的桥梁”，保障机器狗在工业厂区、户外开阔地等场景中 4G 通信的**信号稳定性与传输可靠性**，为远程数据回传、远程操控等功能提供硬件支撑

资料来源：海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3. 结构分拆：激光雷达

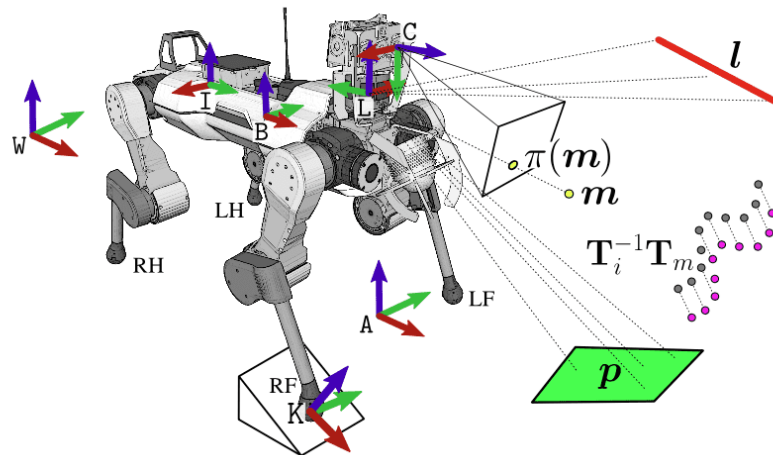
四足机器人在行走时，身上装了相机、激光雷达、惯性仪、以及腿部关节传感器等。为了让这些感官协同工作、知道自己位置、以及下一步计划，系统需要先统一所有传感器的坐标体系。

右图里展示了“多感官协同定位”的结构：

- 世界坐标 (W) 相当于地球参照系，是所有计算的基准；
- 机身坐标 (B) 是机器狗自己的身体中心；
- 相机 (C)、雷达 (L) 和惯性仪 (I) 各自有独立的安装位置，都要校准到机身上；
- 当脚踩到地面时，会生成一个“接触坐标系” (K)，帮助判断地形起伏与滑动；
- 识别到新的地面或墙面时，还会临时建立一个“锚点坐标” (A) 来防止定位漂移。

系统通过这些坐标把相机看到的点、雷达扫到的面、腿部运动的数据全部整合起来，就能在泥地、矿洞、楼梯等复杂地形中，像人一样清楚地知道自己走到了哪里。

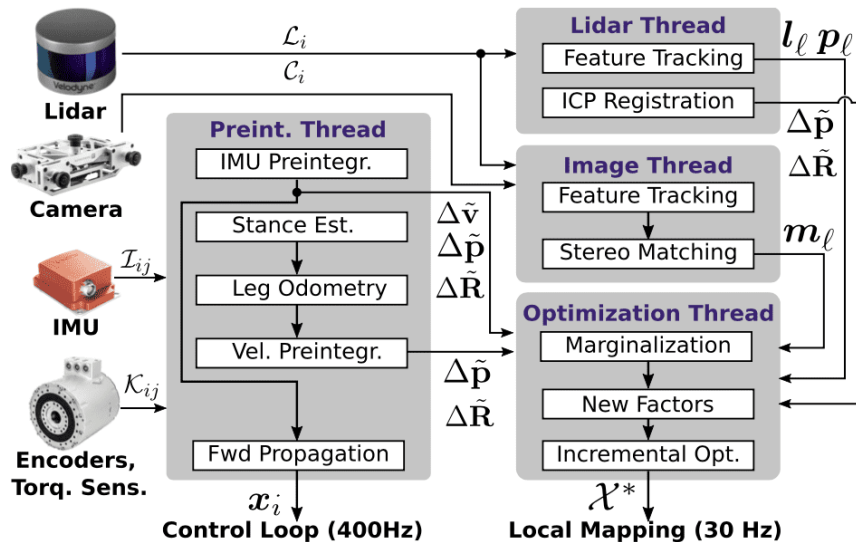
机械狗利用传感器定位的参考框架



资料来源：《VILENS: Visual, Inertial, Lidar, and Leg Odometry for All-Terrain Legged Robots》，海通国际

3. 结构分拆：激光雷达

VILENS算法的框架图



资料来源：《VILENS: Visual, Inertial, Lidar, and Leg Odometry for All-Terrain Legged Robots》，海通国际

预积分线程 (Preintegration Thread)

- 以高频率 400 Hz 运行，相当于机器人平衡感核心。
- 处理 IMU 和 腿部传感器 数据，估算身体的姿态、速度与位置变化。

激光雷达线程 (Lidar Thread)

- 提取点云中的“线”和“面”特征 (Feature Tracking)，并利用 算法对齐不同帧的点云 (ICP Registration)，帮助系统识别周围环境的三维结构。

视觉线程 (Image Thread)

- 通过相机进行特征点追踪与立体匹配 (Stereo Matching)，相当于机器人视觉识别模块。

优化线程 (Optimization Thread)

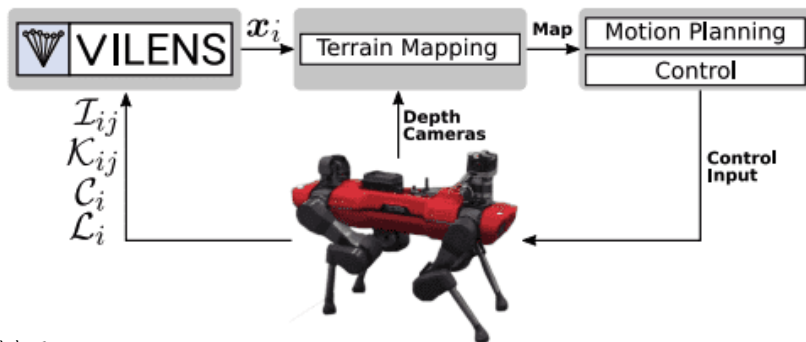
- 把上面所有传感器的数据整合到同一个数学框架 (因子图) 中，实时优化出机器人最准确的姿态与位置。

3. 结构分拆：激光雷达

激光雷达在地形感知与路径规划中的应用。系统通过融合激光雷达、深度相机、IMU和腿部传感器的数据，以高频率（400Hz）生成精准、低漂移的状态估计，并实时构建出三维地形地图。激光雷达在其中扮演核心角色：它扫描周围环境，提取地面的高低起伏、障碍物形态和边缘结构，为机器人提供清晰的空间轮廓。

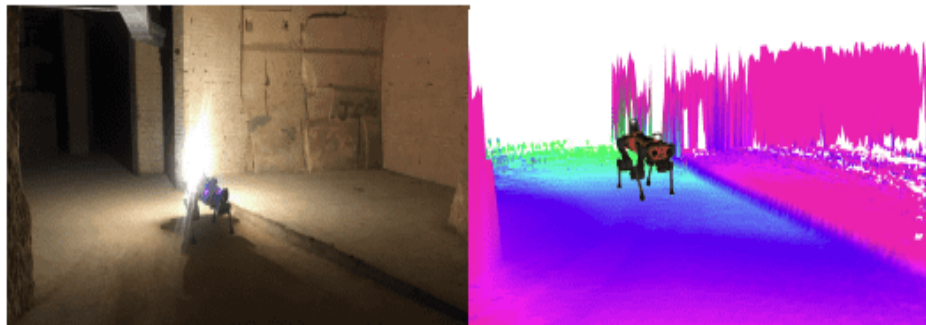
基于这张地图，机器人可以进行局部路径规划与动作控制，自动判断可行路径、躲避障碍并在复杂环境中保持稳定行走。下方图示显示，生成的地形图能清楚识别墙壁、台阶等细节，使机器人在洞穴、矿井等极端环境中也能自主导航。

地形测绘管线



资料来源：《VILENS: Visual, Inertial, Lidar, and Leg Odometry for All-Terrain Legged Robots》，海通国际

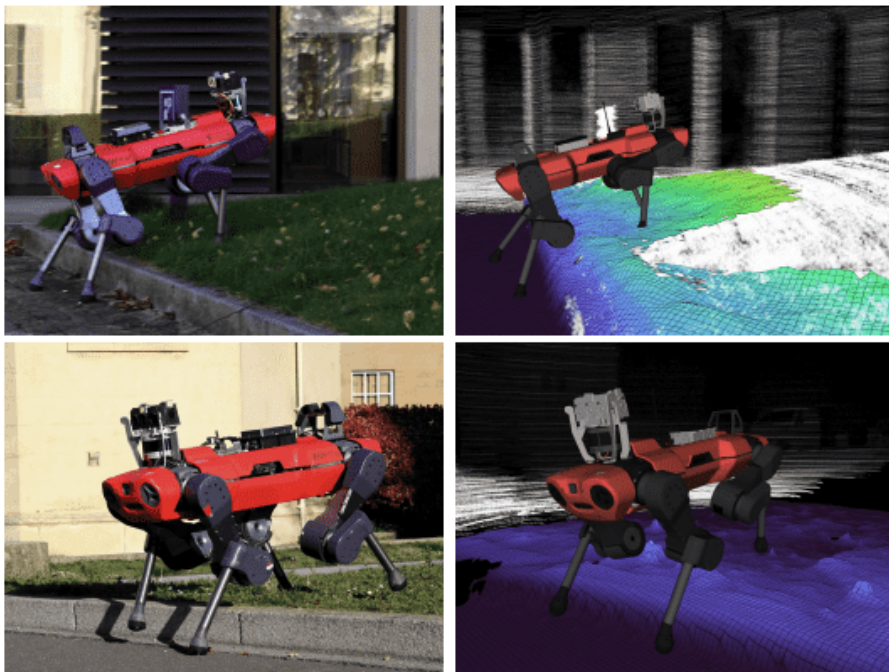
机器狗可以通过生成的地图进行自主探测



资料来源：《VILENS: Visual, Inertial, Lidar, and Leg Odometry for All-Terrain Legged Robots》，海通国际

3. 结构分拆：激光雷达

算法+传感器帮助机器狗在崎岖地形行走



实时三维感知:

激光雷达持续扫描周围环境，生成高密度三维点云，帮助机器人识别地面的起伏、斜坡、台阶、草地等不同地形特征。

高精度地形建模:

算法系统将雷达点云与视觉、IMU数据融合，构建高精度地形地图（如左图中的彩色网格），让机器人“看清”每一个落脚点。

动态路径规划:

控制系统根据激光雷达生成的地形信息，自动规划脚步和重心移动路径，确保在不同坡度、边缘或障碍物上都能平稳前进。

多传感器协同:

激光雷达提供空间结构，IMU提供姿态变化，相机补充纹理信息，腿部传感器检测接触状态——共同构成机器人“视觉+触觉”的闭环感知系统。

资料来源：《VILENS: Visual, Inertial, Lidar, and Leg Odometry for All-Terrain Legged Robots》，海通国际

3. 结构分拆：激光雷达

类型	工作原理	特点	代表厂商 / 产品
机械式 LiDAR	通过电机旋转镜头或整个雷达扫描	精度高、视野广，但体积大、易磨损	Velodyne HDL-64E、Ouster OS1、Livox Mid-40、速腾聚创 RS-LiDAR
固态 LiDAR	无旋转部件，用电子扫描代替机械运动	体积小、成本低、可靠性高	Innovusion Falcon、禾赛 AT128、速腾 M1
混合固态 LiDAR	少量可动件+部分电子扫描	性价比高，广泛应用于车载	Hesai PandarQT、RoboSense RS-LiDAR M系列

- **机械式激光雷达 (Mechanical LiDAR)**
通过旋转镜头或整机实现360° 扫描，具备高精度和高点云密度，是最早期、最成熟的雷达类型。其优势在于探测距离远、视野宽，但由于含有电机等机械部件，体积大、功耗高、易磨损且成本昂贵，主要用于自动驾驶测试车与高端测绘设备。
- **固态激光雷达 (Solid-State LiDAR)**
完全取消机械旋转部件，采用MEMS微镜或OPA光相控阵进行电子扫描。该类型雷达结构紧凑、功耗低、寿命长，适合在空间受限或移动频繁的设备上使用，如无人机、消费级机器人及工业检测场景。但其视场角相对较小，探测范围有限。
- **混合固态激光雷达 (Hybrid Solid-State LiDAR)**
结合少量机械扫描与电子扫描方式，在保持较高分辨率的同时提升可靠性与成本效率，是当前市场的主流技术路线。宇树Go2所搭载的自研4D LiDAR L1即属此类，具备360° × 90° 超宽视角和高刷新率，兼顾精度、功耗与重量，能为四足机器人提供实时的三维环境感知与自主导航能力

Unitree Go2 采用自研 4D LiDAR 模块，是整机感知系统的核心部件，其中 L1 与 L2 为两种主力型号。L1 具备 360° × 90° 视场角、0.05–30 m 探测距离及 21,600 pts/s 点云频率，售价约 US\$430，占整机成本约 26.9%；L2 升级为 360° × 96° 视场角、64,000 pts/s 点云频率，售价约 US\$520，占比 32.5%。相比之下，L2 在分辨率与环境感知性能上显著提升，更适合复杂场景与工业级应用；而 L1 以更低成本实现良好导航与避障能力，适用于消费级产品。整体来看，激光雷达是 Go2 成本结构中占比最高的传感部件

资料来源：海通国际



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3. 结构分拆：激光雷达

型号	名称	视场角 (FOV)	最小探测距离	最大探测距离	点云频率 / 采样频率	重量	参考价格	成本占比
L1	4D LiDAR L1	360° × 90°	0.05 m	30 m	有效频率 ~21 600点/秒	~230 g	约 US\$430	26.9%
L2	4D LiDAR L2	360° × 96°	0.05 m	30 m	有效频率 ~64 000点/秒	~230 g	约 US\$520	32.5%



Unitree L2 4D Laser Radar (4D LiDAR), 360°×96° FOV, 30m@90%, 128k/64k pts/s, 4.5mm, ±2cm, ENET/TTL UART

UNITREEROBOTICS

\$519.00 USD

Taxes included. [Shipping](#) calculated at checkout.

Quantity

- 1 +

Add to cart

Pay with 

资料来源：Ebay，海通国际



Unitree 4DLiDAR L1 3D Lidar Navigation Obstacle Avoidance Slam

Z

zcmaker (10)

100% positive Seller's other items Contact seller

US \$249.00

Approximately HKD 1,935.15

Condition: New

Sensor Type: L1 PM package

Quantity: 1 9 available - 11 sold

Buy It Now

Add to cart

Add to Watchlist

资料来源：Amazon，海通国际

3. 结构分拆：激光雷达

Unitree Go2 采用自研 4D LiDAR 模块，是整机感知系统的核心部件，其中 L1 与 L2 为两种主力型号。L1 具备 $360^{\circ} \times 90^{\circ}$ 视场角、0.05–30 m 探测距离及 21,600 pts/s 点云频率，售价约 US\$430，占整机成本约 26.9%；L2 升级为 $360^{\circ} \times 96^{\circ}$ 视场角、64,000 pts/s 点云频率，售价约 US\$520，占比 32.5%。相比之下，L2 在分辨率与环境感知性能上显著提升，更适合复杂场景与工业级应用；而 L1 以更低成本实现良好导航与避障能力，适用于消费级产品。整体来看，激光雷达是 Go2 成本结构中占比最高的传感部件。



资料来源：海通国际

3. 结构分拆：激光雷达

除了 Unitree Robotics 的 Go2 系列采用自研 4D LiDAR 模块，很多高端四足机器人也配备第三方高性能 LiDAR:

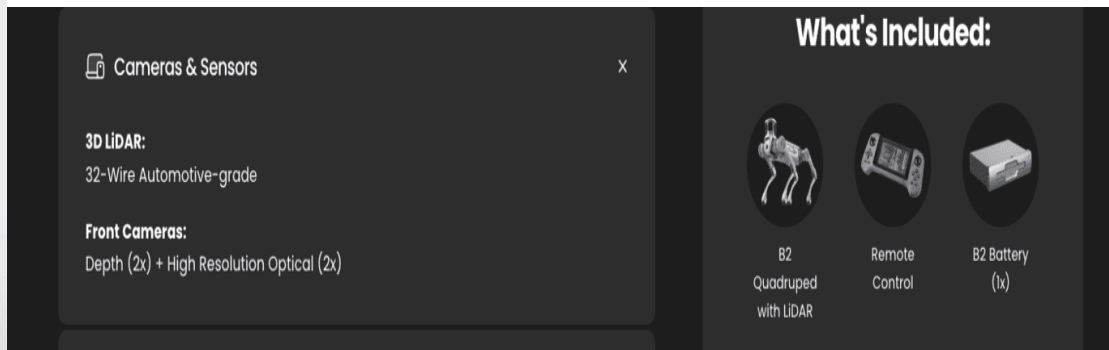
- Boston Dynamics 的 Spot 可选配 “EAP-2 LiDAR” 载荷，其配备 Velodyne 16 LiDAR，感知距离可达约 100 m
- Unitree 自身在其工业级平台 B2 标注 “32-wire 汽车级 LiDAR” 作为感知配置之一
- 从技术发展看，LiDAR 模组价格有逐步下降趋势。如 Aeva Technologies 表示其下一代 LiDAR 目标进入双位数美元量产区。
- 在研究层面，腿式机器人平台与 LiDAR / 视觉 / 惯性等多模态融合成为主流，以提升户外、复杂地形的自主导航能力。

SPOT EAP-2 LiDAR 激光雷达



资料来源：Boston Dynamics，海通国际

宇树B2搭载汽车级激光雷达



资料来源：ROBOSTORE, 海通国际

3. 结构分拆：四肢

Go2 Air 的四条腿共 12 个关节，采用高度一体化的执行器：三相无刷外转子电机（BLDC）+行星减速器+绝对式磁编码器+集成 FOC 驱动板+关节级散热。官方规格给出峰值关节扭矩约 45 N·m（脚注：指“最大关节电机”的峰值，12 个关节的实际最大值可能不同），并标注有关节热管散热（Heat Pipe Cooler）；整机电气为 28-33.6 V 母线、约 3000 W 工作最大功率

具体部件包括：

- 足端/脚垫：橡胶端帽，吸振与抓地
- 小腿连杆：薄壁一体成型，走线内嵌
- 膝关节：转轴+轴承座，连接大小腿
- 大腿连杆：主承力结构，外壳为铝/镁合金件
- 髌侧关节端面（已开盖）：电机&减速器总成接口
- 编码器环：周向磁/光编码元件，用于关节角度反馈
- 线束与防水胶圈：电源/信号线+密封圈（IP防护）
- 紧固件：内六角/星形螺钉，扭矩锁止



资料来源：海通国际

3. 结构分拆：四肢

- **执行器是驱动四足机器人运动的核心部件，在整机物料清单中的成本占比最高，通常能达到 50% 至 70%。**执行器主要分为两类：一类是旋转式，可产生圆周运动；另一类是线性式，能输出直线运动，且这类线性执行器通常会与机器人的腿部机构配合使用，以实现灵活步态
- **头部厂商执行器技术路线分化明显：**波士顿动力采用行星滚柱丝杠（直线式），坚固性与性能突出但成本最高，适配工业级高负载场景；ANYbotics 的串联弹性执行器（旋转式）各维度表现均衡，适合多场景通用需求；宇树的准直接驱（旋转式）成本控制与可反驱性优异，偏向高性价比与易二次开发，适配科研教育等场景
- **轮式、履带式、四足机器人性能差异显著：**轮式机器人平地速度快、成本低且易维护，适配工厂巡检等平硬地场景；履带式机器人地形通过性（软土 / 泥泞）和载荷能力突出，适用于工程 / 军用等复杂地形场景；四足机器人越障（碎石 / 楼梯）、转向灵活性优势明显，适配电力巡检等多地形高越障场景，虽成本与维护难度较高，但近年成长迅速

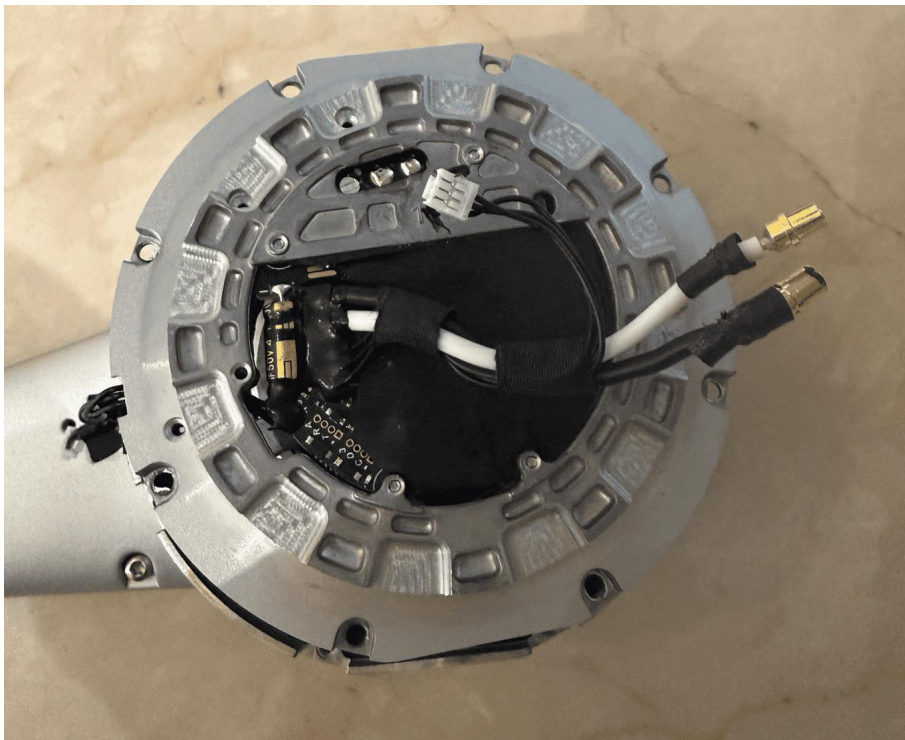
维度	轮式	履带式	四足机器人
地形通过性	低-中（平整硬地最佳；对坑洼/台阶差）	高（软土、泥沙、碎石、坡地表现好）	最高（碎石、楼梯、栈道、沟壑最强）
越障/上楼梯	低	中	高
平地速度	高	中	中（复杂地形下优势更明显）
能效/续航（单位距离能耗）	高（滚阻小）	中-低（滑移/接地面积大）	低-中（多关节执行、控制耗能大）
转向机动	中（差速/麦克纳姆可原地，常规转弯半径较大）	高（原地转向/小半径）	高（原地转向、步态灵活）
载荷/牵引能力	中	高（接地长、抓地力强）	低-中（看机身级别）
地面压力/对地影响	中（受轮径/胎宽影响大）	低（对软土友好）	中（点接触不伤硬地，软土易下陷）
噪声/振动	低	中-高	中
采购成本	低	中	高
控制与系统复杂度	低	低-中	高（感知/步态/力控）
维护难度	低（轮胎/电机易维护）	中-高（履带磨损、张紧/泥沙维护）	高（多关节/密封/传感器）
可靠性（恶劣环境）	高（结构简单）	高（抗恶劣地形/天气）	中（防护等级与关节寿命关键）
人机交互安全性	中	低-中（质量大、滑移）	高（可反驱/柔顺控制）
成熟度/供应链	高（AMR/AGV生态成熟）	高（工程/军用成熟）	中（近年快速成长）
典型应用	工厂内物流、园区配送、室内巡检	工程/矿山/农业、军用侦察、应急运载	电力/石化/隧道巡检、安防巡逻、测绘与搜救

厂商	执行器类型	运动形式	坚固性	成本	效率/性能	可反驱性
Boston Dynamics	行星滚柱丝杠	直线式	高	最差（成本最高）	高	最差
ANYbotics	串联弹性执行器	旋转式	中	中等	中等	中等
Unitree 宇树	准直接驱	旋转式	低	高	中高	高

资料来源：SemiAnalysis, 海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3. 结构分拆：四肢



资料来源：海通国际

四肢参数：

- 峰值关节扭矩：约 45 N·m
- 关节运动空间：机身-48° 至+48°；大腿-200° 至+90°；小腿-156° 至-48°
- 整机供电/功率：28-33.6 V；约 3000 W。Air 版本速度上限 0-2.5 m/s，最大坡度约 30°
- 散热特点：关节热管散热与“内部走线/集成电路在关节内”的设计

具体部件包含：

- 端面法兰/加强筋：承力与定位
- 环形编码器腔体：关节角度测量
- 读头小板：传感信号采集
- 线束+扎带：电源/信号内走线固定
- 四针插座：快插式电源/通讯接口
- 密封胶圈槽：防尘防水（IP）

3. 结构分拆：四肢



- 周向定子线圈：多极绕组，输出相电磁力
- 内侧永磁转子（外转子结构）：与定子形成电磁耦合
- 辐条式转子支架/端盖：连接输出法兰并增加刚度
- 大直径薄型轴承：保证同轴度与低摩擦旋转
- 中心主轴/中空孔：传力与走线/润滑通道
- 减速器接口区（疑似谐波减速器波发生器位置）
- 端面螺孔圈：与机身法兰对接的紧固面
- 密封/缓冲垫槽：防尘防水与振动隔离

资料来源：海通国际

3. 结构分拆：四肢



资料来源：海通国际

- 铝合金端盖+加强筋：承力/散热
- 编码器靶环（绝对/增量，待确认）：角度基准
- 读头阵列/调理IC：角度信号采集
- EMI 抑制件：磁环/共模电感
- 三相电机引线 A/B/C：相线出线
- 接地/信号黑线：传感/屏蔽回路
- 测试/校准焊盘：产线标定与诊断
- 固定螺钉/定位柱：装配定位
- 出线口+应力释放：扎带/胶固化，防拉拽

3. 结构分拆：四肢



资料来源：海通国际

- 压铸铝端盖/散热筋：承力与导热
- 环形编码器靶环（刻有“S/2”等标记，类型待确认）
- DC-Link 电容阵列：滤除母线纹波
- 相线端子 A/B/C：六角螺栓压接到功率母排
- 电源端子 “+ / -”：镀金螺柱，接整机电池母线
- 信号快插座：编码器/温度等低压信号
- 接地/屏蔽点：提升抗干扰
- 线束汇流与应力释放：束带固定，防拉拽
- 定位柱/螺孔圈：端面对接与锁付

3. 结构分拆：头部

- 前面是相机与补光灯的黑色前面板；内部有一块小PCB承载镜头、传感器与LED
- 四束扁平线束通过微型插头（类似JST 1.0-1.25mm间距）与机身主控相连
- 外壳内侧为蜂窝加强筋+螺柱结构，兼顾轻量与强度；若干卡线桥用于约束线束
- 尾部有弹簧针（pogo pin）对接触点，用于给前端模组供电/传输信号



资料来源：海通国际

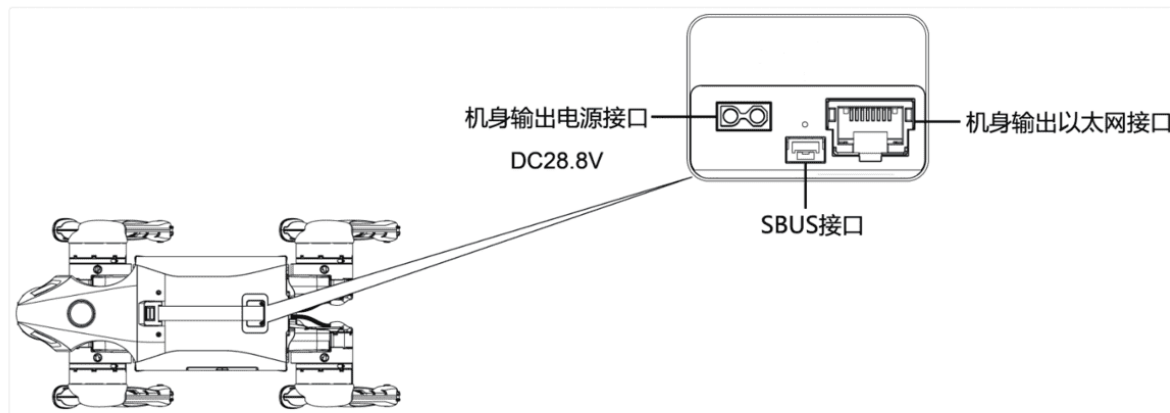
For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htsec.com

3. 结构分拆： 电气接口

- 机身输出电源接口（DC 28.8V）：为外接设备供电
- SBUS 接口：标准 SBUS 控制/接收机接口，用于外接遥控或第三方控制器
- 机身输出以太网接口（RJ-45）：有线网络通信口，可与上位机/边缘计算模组直连进行数据与控制交互



电气接口

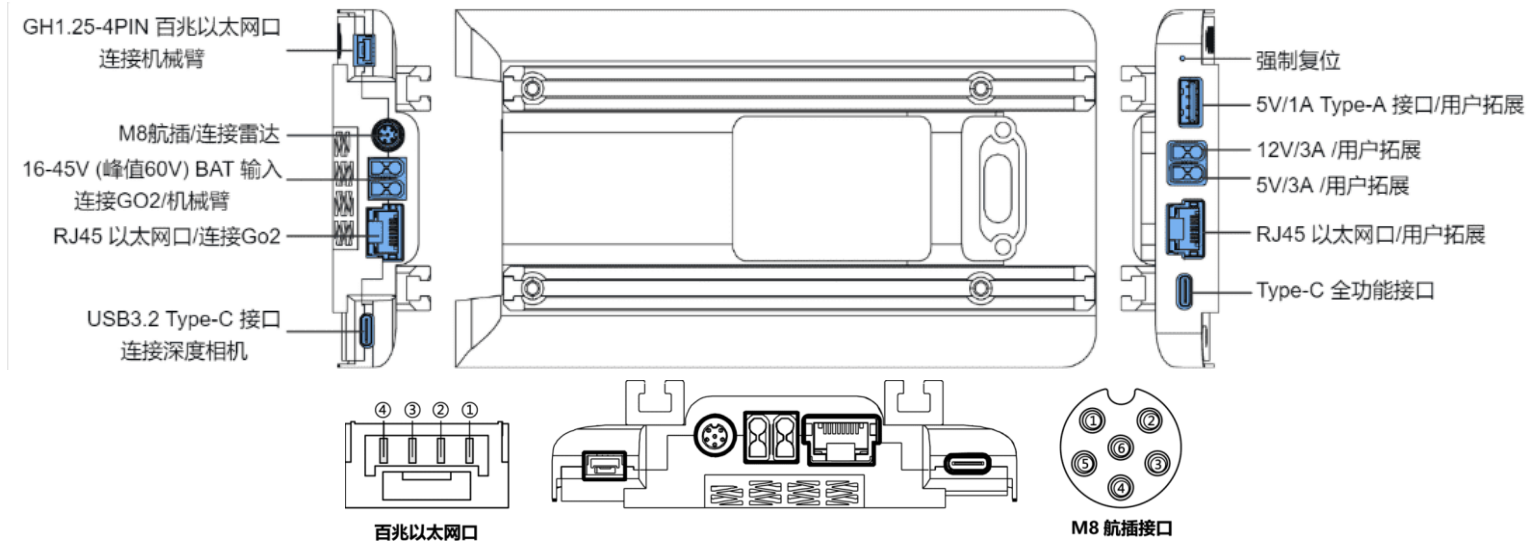


• 电源接口

DC 28.8V输出，连接Orin NX 8/16GB高算力模组BAT输入。

资料来源：宇树，海通国际

3. 结构分拆：电气接口



引脚编号	信号
1	Ethernet_TX+
2	Ethernet_TX-
3	Ethernet_RX+
4	Ethernet_RX-

引脚编号	信号
1	Ethernet_TX+
2	Ethernet_TX-
3	Ethernet_RX+
4	Ethernet_RX-
5	+12V
6	GND

资料来源：宇树，海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3. 结构分拆： 电池模块

宇树Go2机器狗采用锂电池组供电，可选配标准电池或长续航电池，长续航电池支持4小时使用时间
机器狗带电池重量约为15kg，极限载荷为10kg。其中电池组重量1.95kg，外壳通过螺丝固定，在电池组侧面粘贴信息标签

- 电芯配置：由32节 18650 电芯阵列组成，属于成熟且可靠的电芯类型
- 外壳与接口：
 - 外壳设格栅开孔 + 防尘网，保障散热与防尘；
 - 两侧配备把手，便于拆卸；
 - 顶部有电量检测按键和电量指示灯，可直观查看剩余电量；
 - 底部设有充电接口和放电接口，充电接口包含正负极插针与通信接口
- 智能保护功能：未插入机器人时，电池无法开机；取出电池后自动关机

图：机器狗电池组称重



资料来源：海通国际

图：机器狗电池组侧面信息标签



资料来源：海通国际

- 型号：BT2-05（标准版）
- 电池类型：可充电锂离子电池
- 额定电压：DC29.6V
- 充电限制电压：DC33.6V
- 额定容量：8000mAh（236.8Wh）
vs BT-06（长续航版）15000mAh（432Wh）
- 尺寸：120mm × 80mm × 182mm
- 执行标准：IS 16046（Part 2）/IEC 62133-2

3. 结构分拆： 电池模块

宇树Go2机器狗的电池组需从机器狗本体中取出，通过充电器的专用接口进行充电。配套的电池充电器电源线为可拆卸设计，电源线为八字接口，电池充电器外壳设置充电指示灯

充电器设计：

- 电池底部设有包含正负极插针和通信接口的充电端口，与充电器输出接口严格匹配
- 充电器采用黑色 PC 阻燃材质外壳，表面布满凹槽纹理以增强散热

宇树 Go2 的触点式无线充电板是针对教育版机型的自动化充电解决方案，采用物理触点对接实现“免拆电池”充电。充电板顶部设有金属充电触点，与机器狗底部的触点模块物理对接，实现“无线式”电能传输（非电磁感应式无线充电，而是通过触点直接导通）。这种设计既保留了“免拆电池”的便利性，又避免了电磁无线充电的效率损耗

Go2 Edu Plus（MID-360 激光雷达版）和Go2 Edu Plus（禾赛 XT16 激光雷达版）两款机型可通过激光雷达自主导航至充电板，完成自动对接与充电；若为其他版本的 Go2 Edu，需手动将机器狗对准触点后充电，无法自主导航

图：机器狗充电器



图：机器狗充电器底部标签



- 充电器来自福洋电子
- 型号：FY3403500
- 输入：100-240Vac 1.5A 150VA
- 输出：34.0V 3.5A 119W
- 转灯电流 $\leq 0.4A$
- 充电器已通过CCC认证和VI级能效认证

图：机器狗底部无线充电触点



资料来源：海通国际

资料来源：海通国际

资料来源：海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htsec.com

4. 核心技术：自研方案

自研方案

优势:

1. **深度定制，贴合业务：**可完全根据自身硬件（如宇树机器狗的关节结构）、算法需求（如特殊步态控制）定制技术栈，实现“硬件-算法-软件”的深度耦合。
2. **技术自主可控：**知识产权完全自主，不受限于大厂技术迭代节奏，长期可沉淀核心竞争力
3. **成本灵活：**可按需选择开源工具搭建生态，硬件采购也可适配自身供应链，长期成本可能低于依赖大厂

劣势:

1. **开发周期长，人力投入大：**需从 0 搭建仿真环境、开发算法框架、适配硬件驱动，对团队技术广度（仿真、算法、硬件）要求高，项目前期投入显著
2. **Sim2Real 落地难度高：**自研仿真环境的物理精度、传感器模型与真实场景的偏差需手动调优，域随机化、迁移学习等技术需自主研发，实机调试周期可能远超大厂平台
3. **技术风险集中：**若某一环节（如仿真引擎稳定性、算法鲁棒性）出现问题，需自主排查解决，缺乏外部技术兜底

大厂平台 (如英伟达 Isaac)

优势:

1. **生态成熟，开箱即用：**集成仿真环境、预训练模型、硬件适配，大幅缩短开发周期
2. **技术支持与社区资源丰富：**大厂提供官方文档、案例库及技术支持，社区可快速解决问题，降低试错成本
3. **Sim2Real 流程标准化：**Isaac Sim 的物理引擎（基于 NVIDIA PhysX）与真实物理特性高度对齐，支持域随机化、强化学习迁移等技术，能高效实现“仿真训练→实机落地”的闭环，减少真实环境调试成本

劣势:

1. **定制化不足：**平台功能受限于大厂定义，若需适配特殊硬件（如自研传感器、非标准执行器）或定制算法逻辑，可能面临兼容性瓶颈
2. **成本较高：**硬件（如 Jetson AGX Orin）、软件授权存在采购成本，长期使用可能受限于厂商定价策略
3. **技术自主性弱：**核心算法（如运动控制、仿真引擎）依赖大厂迭代，若厂商技术路线调整，自身项目可能面临适配风险。

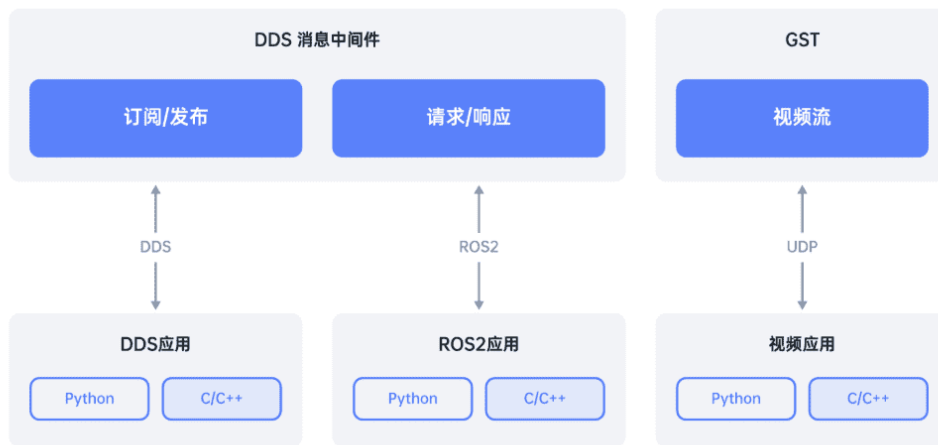
4. 核心技术：多模块协同

Go2 采用 DDS 作为消息中间件，主要的交互采用两种模式：订阅/发布和请求/响应

- **订阅/发布：**接收方订阅某个消息，发送方根据订阅列表向接收方发送消息，主要用于中高频或持续的数据交互。
- **请求/响应：**问答模式，通过请求实现数据获取或操作。用于低频或功能切换时的数据交互。

请求响应接口的调用方式：API 调用，函数式调用

- **API 调用：**类似 restapi，请求发送时填入请求内容和请求话题，在对应的响应话题接受回复，回复采用广播模式，根据UUID确定请求和响应的对应关系。
- **函数式调用：**API 调用模式的语法糖，将API调用封装成函数调用，方便用户使用。开发套件：
unitree_sdk2: C++开发库

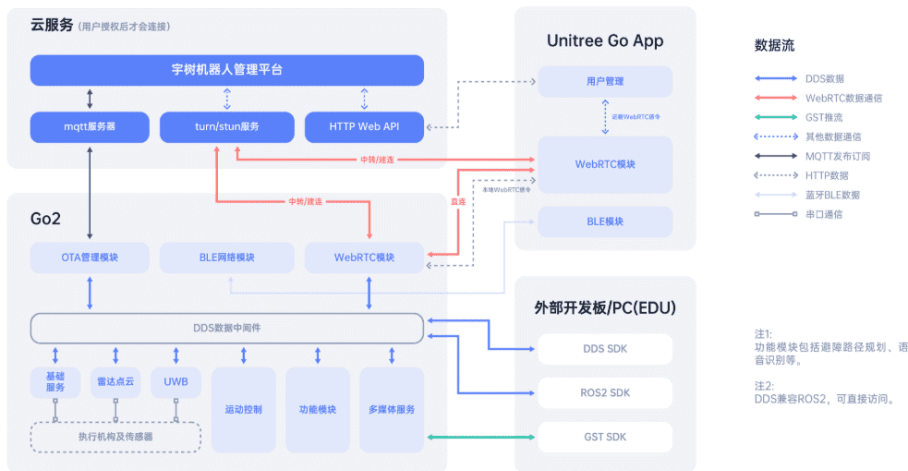


资料来源：宇树，海通国际

4. 核心技术：全栈式软件通信与生态架构

- **云服务层：远程管理与生态支撑**
 - 核心模块：集成 mqtt 服务器（负责设备与云的消息发布/订阅，如状态上报、远程指令）、turn/stun 服务（为 WebRTC 提供中转/建连，保障实时音视频通信的稳定性）、HTTP Web API（对外提供标准化 HTTP 接口，支持第三方系统对接）
 - 实现设备的远程管理、数据统计与生态化服务拓展，是规模化应用与运维的技术底座
- **设备端Go2：硬件与软件的协同中枢**
 - 作为分布式通信“神经中枢”，兼容 ROS2 生态，实现多模块数据的低延迟（毫秒级）、高可靠传输，支撑运动控制、传感器感知、功能算法的协同运行
- **应用端：Unitree Go App 的交互能力**
 - 模块构成：包含用户管理、WebRTC 模块、BLE 模块
 - 实现“手机端-设备端-云端”的全场景交互，既支持普通用户的可视化操控，也满足专业人员的远程调试需求
- **开发生态：开发者的技术工具箱**
 - 外部开发板/PC (EDU) 提供三类 SDK：DDS SDK/ROS2 SDK：兼容机器人领域主流开发框架，支持开发者基于 Python/C++ 进行运动控制、算法优化等二次开发；GST SDK：基于 GStreamer 多媒体框架，支持视觉算法的定制化开发

图：云-端-应用-开发全链路系统架构图



资料来源：宇树，海通国际

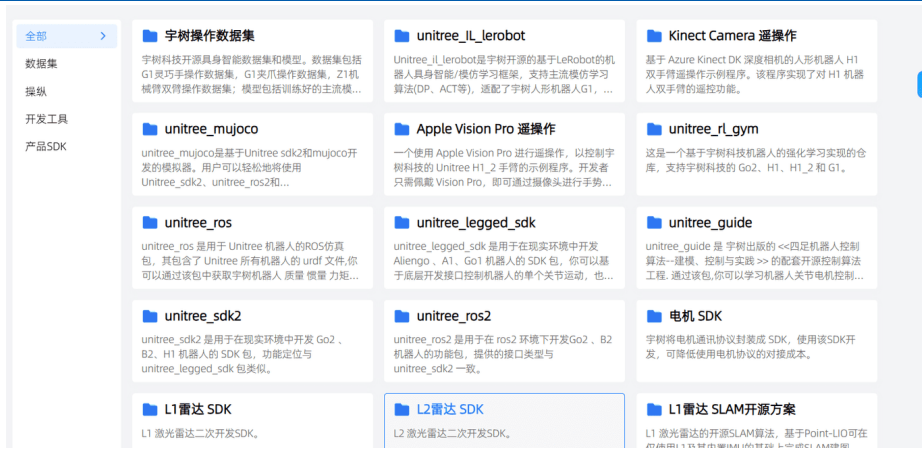
4. 核心技术：SDK与开发者资源生态

• 宇树开发者资源生态

宇树面向开发者开放的资源矩阵，涵盖数据集、开发工具、产品 SDK三大类。其中，操作数据集为算法训练提供基础数据；unitree_mujoco（仿真环境）、unitree_rl_gym（强化学习库）等工具支持 AI 与控制算法研发；unitree_ros（ROS 适配）、雷达 SDK 等产品工具包，覆盖从仿真到实机、从运动控制到环境感知的全流程开发需求，助力开发者基于宇树机器人开展二次创新

• 强化学习抗扰训练的代码逻辑

机器人仿真代码的版本更新，核心是新增“外力推机器人”的干扰测试逻辑。通过在仿真环境中模拟外力撞击，迫使强化学习算法自主学习抗扰平衡策略，最终提升实机在复杂场景（如碰撞、地形突变）下的鲁棒性，体现了“仿真 + 强化学习”的机器人开发技术路径——先在仿真中验证极端工况策略，再迁移至实机落地



```
1 file changed +14 -4 lines changed
legged_gym/envs/base/legged_robot.py
+ @ -105,6 +105,10 @@ def post_physics_step(self):
+     self.compute_reward()
105 105     env_ids = self.reset_buf.nonzero(as_tuple=False).flatten()
106 106     self.reset(env_ids)
107 107     self.reset_idx(env_ids)
+
+ 108 +
+ 109 +
+ 110 +
+ 111 +
108 112     self.compute_observations() # in some cases a simulation step might be required to refresh some obs (for example body positions)
109 113
110 114     self.last_actions[:] = self.actions[:]
+
+ 139 143     self._resample_commands(env_ids)
140 144
141 145     # reset buffers
```

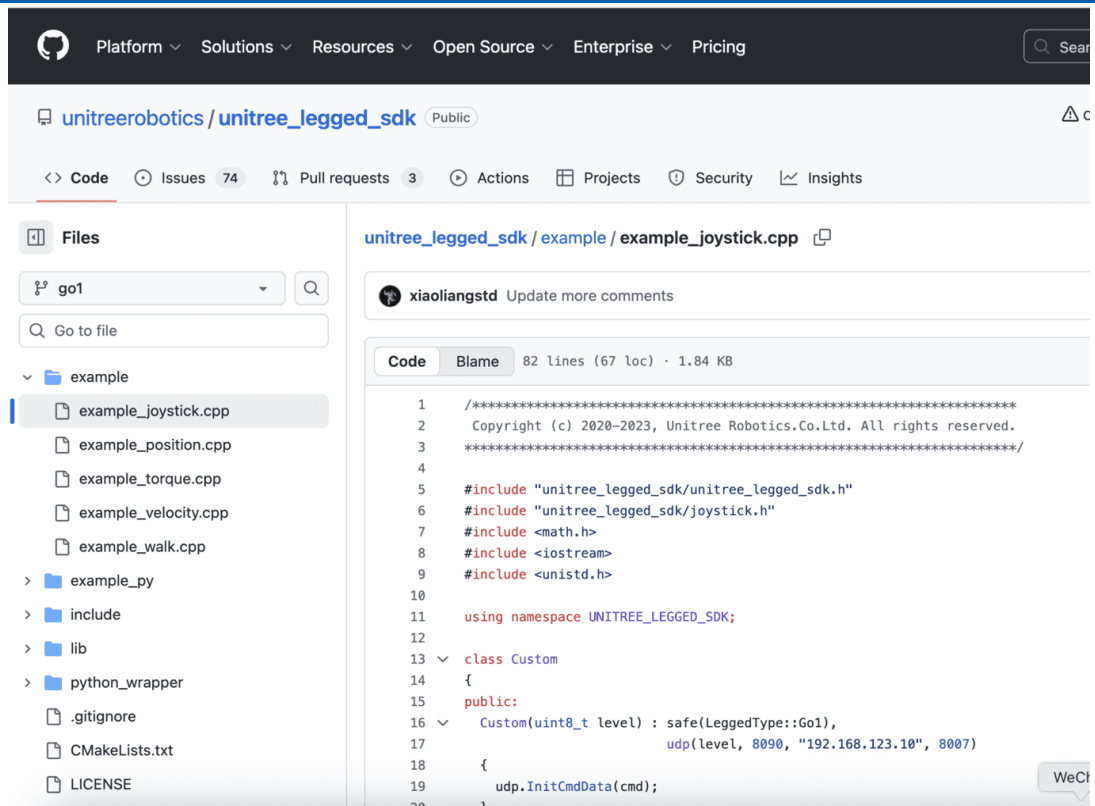
资料来源：宇树，海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

4. 核心技术：SDK与开发者资源生态

例如，宇树机器狗的 `unitree_legged_sdk` 是用于控制其四足机器人腿部运动的核心开发工具包

- **核心模块与腿控相关定义：**腿部与关节的索引定义 (`quadruped.h`) 明确了四足机器人的腿和关节的编号
 - 腿的索引：FR_ (右前腿)、FL_ (左前腿)、RR_ (右后腿)、RL_ (左后腿)
 - 关节的索引：每条腿有 3 个关节，如右前腿的 3 个关节为 FR_0、FR_1、FR_2，左前腿为 FL_0、FL_1、FL_2，以此类推 (共 12 个关节)
- **安全模块 (`safety.h`)**
 - `PositionLimit()`: 限制关节位置范围。
 - `PowerProtect()`: 功率保护，防止电机过载。
 - `PositionProtect()`: 关节位置保护，避免超范围运动



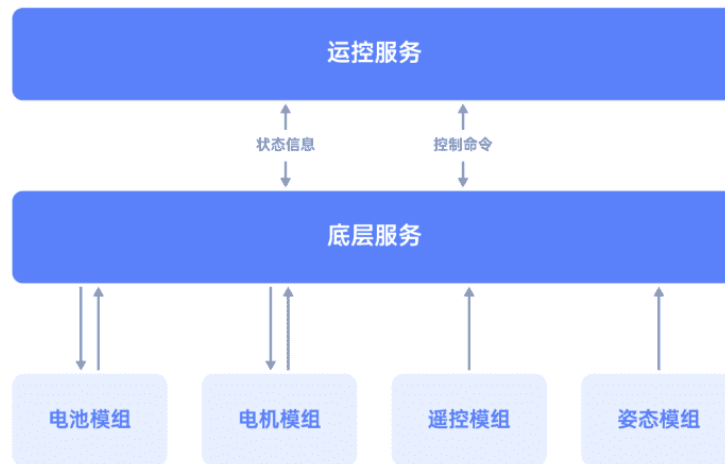
资料来源：宇树，海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htsec.com

4. 核心技术：运动决策与硬件管理

- **运控服务（上层决策层）**：机器狗的“大脑中枢”，负责接收底层状态信息（如电量、姿态），并下发运动、模式切换等控制命令，实现全局运动策略与功能逻辑的调度
- **底层服务（中间协调层）**：作为“硬件翻译官”，对接上层运控指令与下层硬件模组，完成数据格式转换、硬件状态聚合与基础控制逻辑，保障上下层的高效协同

图：软件与硬件服务分层架构图



资料来源：宇树，海通国际

4. 核心技术：安全防护

• 安全触发层：保护状态

当遭遇“不可抗力”（如外力撞击、极端地形失控）时，系统进入保护状态，这是硬件安全的第一道屏障，避免因失控导致的部件损坏

• 中间状态层：多场景姿态调控

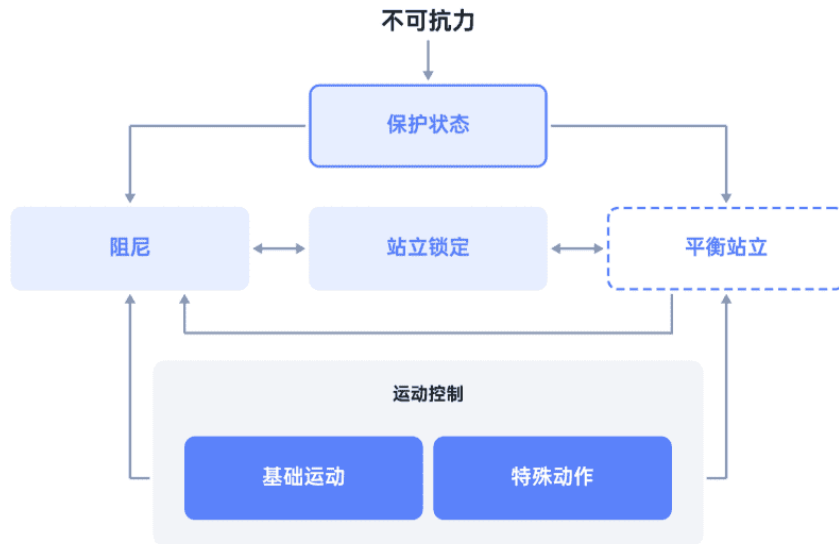
- 阻尼：让关节产生阻力，抑制无控晃动，常用于紧急状态后的姿态缓冲；
 - 站立锁定：固定机身姿态，实现“立正”式的静态稳定；
 - 平衡站立（虚线，动态稳定态）：通过 IMU 等传感器实时调整，保持动态平衡，是运动前的核心准备状态；
- 这三个状态可互相切换，根据场景需求灵活调整机身稳定性

• 运动执行层：多样化功能落地

- 基础运动：覆盖行走、跑步、爬楼梯等实用场景；
- 特殊动作：支持跳舞、作揖等拟人化互动动作；
- 可从“平衡站立”等状态切入，实现从基础运动到趣味动作的全场景执行

这套流程体现了“安全优先 + 姿态灵活 + 运动多样”的控制策略。突发情况先触发保护，再通过阻尼、锁定或动态平衡调整姿态，最终支撑从实用运动到趣味交互的全场景需求，是机器狗运动稳定性与体验感的技术保障

图：运动状态切换与安全控制流程图



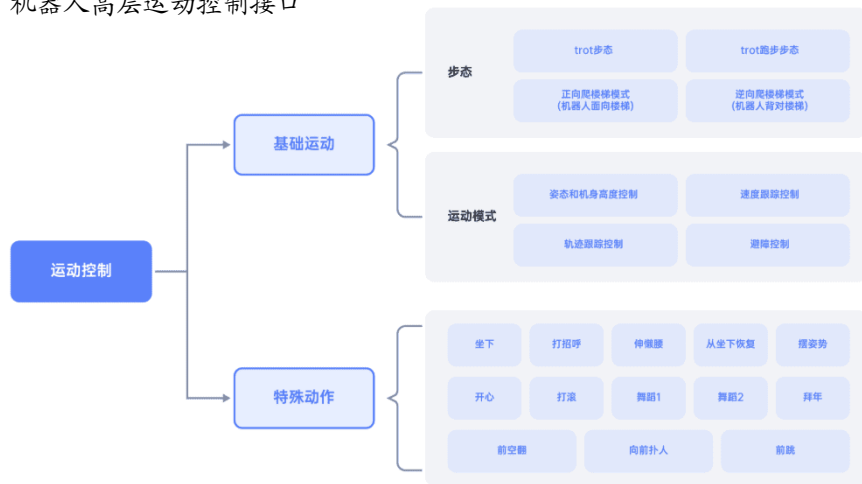
资料来源：宇树，海通国际

4. 核心技术：运动控制

宇树机器人的运动控制分为基础运动与特殊动作两大模块：

- **基础运动：**步态涵盖trot 步态、trot 跑步步态及正向 / 逆向爬楼梯模式（分别对应机器人面向 / 背对楼梯），满足多地形行走需求；运动模式集成姿态和机身高度控制、速度跟踪控制、轨迹跟踪控制、避障控制，保障运动的精准性与安全性
- **特殊动作：**包含坐下、打招呼、跳舞、拜年、前空翻等十余种拟人化或高难度动作，兼具交互趣味性与技术展示性。

图：机器人高层运动控制接口



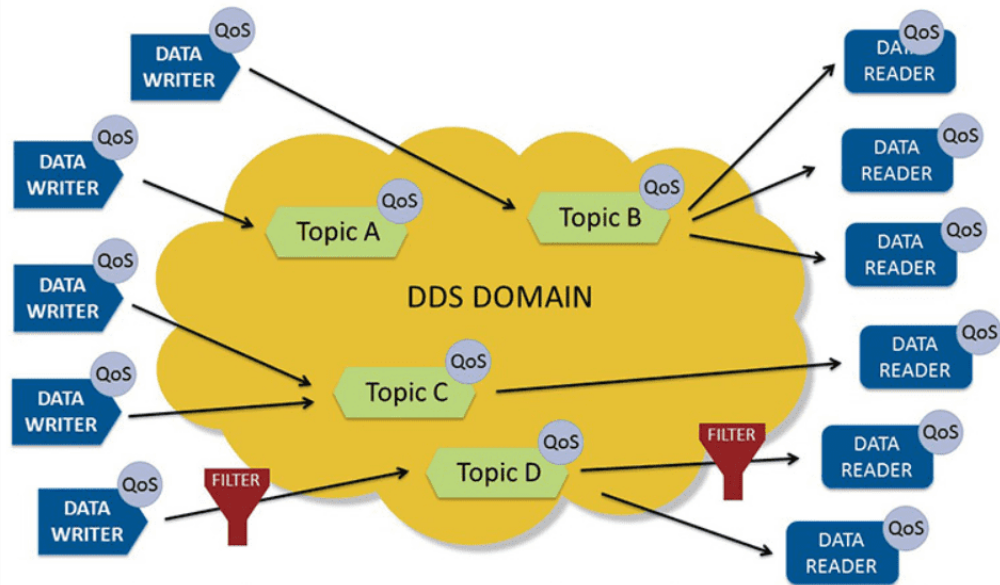
机器人高层运动控制接口图

资料来源：宇树，海通国际

4. 核心技术：分布式实时通信

- DDS (数据分发服务) 的通信架构, 它是机器人、工业控制等领域常用的分布式数据通信中间件, 核心作用是让不同模块 (比如传感器、算法、硬件) 高效传递数据
- DDS DOMAIN (黄色云状区域): 相当于一个 “数据交流社区”, 所有需要通信的模块都在这个社区里互动
- DATA WRITER (左侧蓝色块): 是 “数据发送方”, 比如机器人的雷达、陀螺仪会把数据打包, 通过它发送到社区里
- DATA READER (右侧蓝色块): 是 “数据接收方”, 比如运动控制算法会通过它从社区里拿取需要的传感器数据
- Topic (A、B、C、D): 是 “数据分类标签”, 不同类型的数据 (比如姿态数据、电机指令) 会被分到不同 Topic 里。比如 “Topic A” 可能专门传姿态数据, “Topic B” 传电机控制指令, 这样接收方可以只拿自己需要的 “分类数据”, 避免信息混乱
- QoS (每个模块上的 QoS 标识): 是 “通信规则”, 比如约定 “数据必须实时到达” “网络差时可丢一些非关键数据”, 保证数据传输的可靠性和效率
- FILTER (红色漏斗): 是 “数据筛选器”, 可以设置条件 (比如只接收某段范围内的传感器数据), 减少不必要的数据传输, 让通信更高效

图: DDS (数据分发服务) 的通信架构

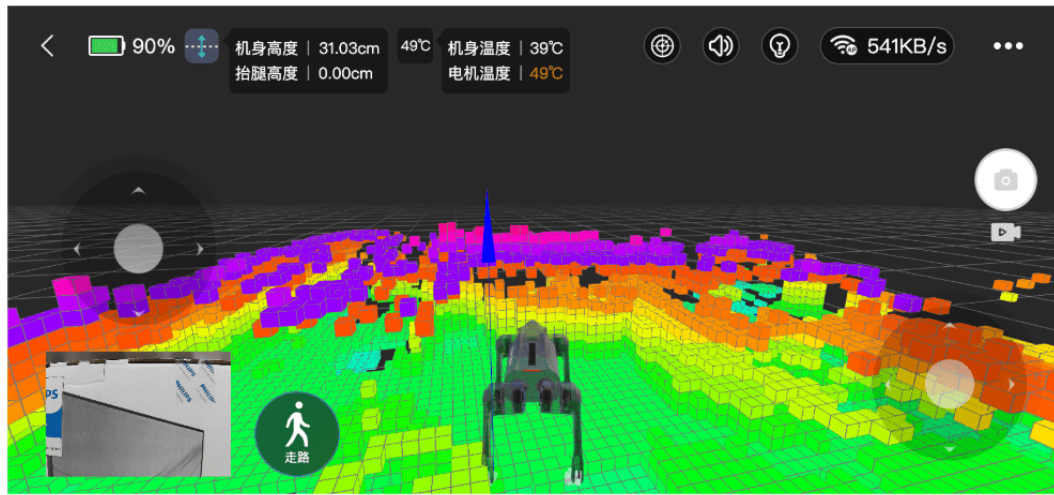


资料来源: 宇树, 海通国际

4. 核心技术：实时感知

- Unitree Go2 图像服务是宇树科技自主研发的功能模块，实时显示摄像头传输视频和高频率的雷达扫描图像（体素图），并且实现摄像视频与雷达扫描图的不同视角切换
- 通过彩色三维热力图（点云/地形感知）呈现环境地形轮廓（不同颜色代表高度/距离差异），同时叠加小窗口摄像头画面，实现“视觉+三维地形”的多模态环境认知，为复杂地形下的避障、路径规划提供数据支撑

图：移动控制界面



资料来源：宇树，海通国际

4. 核心技术：多协议通信

Go2 支持的网络连接有 Wi-Fi STA, Wi-Fi AP 和 4G 三种模式，其中 Wi-Fi STA, Wi-Fi AP 开放给用户设置

- Wi-Fi STA: Go2 连接至环境中某 Wi-Fi 热点，实现外网访问能力
- Wi-Fi AP: Go2 自带的热点，为自建的局域网，支持手机等设备连接
- 4G: Go2 自带的 4G 物联网卡连接至运营商基站，实现外网访问能力

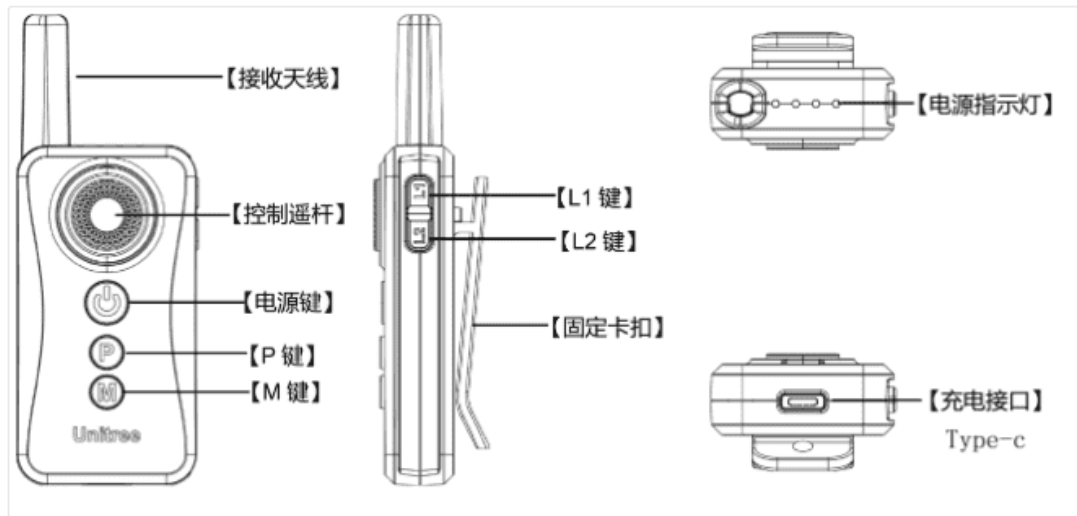
图：多协议通信架构



资料来源：宇树，海通国际

4. 核心技术：矢量定位

- Unitree Go2 UWB 是宇树科技自研的矢量定位模组，可实现机身平面内的厘米级定位。内置3轴加速度计和3轴陀螺仪 IMU，可提供标签的姿态。该模组应用于 Go2 集成的伴随功能，也可用于用户二次开发
- UWB模组由标签和基站两部分组成，标签上集成了天线、摇杆、按键等；基站上布置有 4 根同规格天线。基站通过天线与标签天线进行交互通信，并解析标签的位姿信息



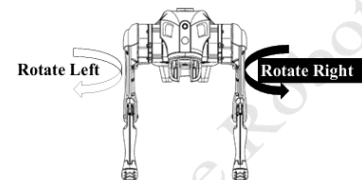
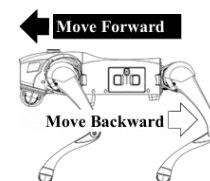
资料来源：宇树，海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

4. 核心技术： 矢量定位

按键 (Key)	功能 (Function)	具体说明 (Specific instructions)
Power Button	电源开/关	a) 短按一次开机; b) 长按 > 2 秒关机
P Key	系统复位 (System Reset)	a) 连续短按 2 次: 机器人在卧倒 → 阻尼 → 站立三种模式间循环; b) 机器人翻倒时长按 1 秒恢复站立
M Key	模式切换 (Mode Switching)	a) 短按一次: 关闭伴随模式, 进入摇杆控制; b) 快速连接 2 次: 进入慢速自动伴随, 最高 1.5 m/s; c) 在慢速伴随模式下再快速连接 2 次: 进入快速自动伴随, 最高 3.0 m/s
L2 Key	开/关自动避障 (Enable/disable auto obstacle avoidance)	a) 连续短按 2 次开启自动避障; b) 短按一次关闭自动避障
L1 Key	机身朝向设定 (robot dog orientation setting)	a) 逆时针微调: 短按一次 (<1s), 默认逆时针转动 0.1 rad ($\approx 5.7^\circ$); b) 顺时针微调: 连接 2 次, 默认顺时针转动 0.1 rad ($\approx 5.7^\circ$)

Rocker Description:



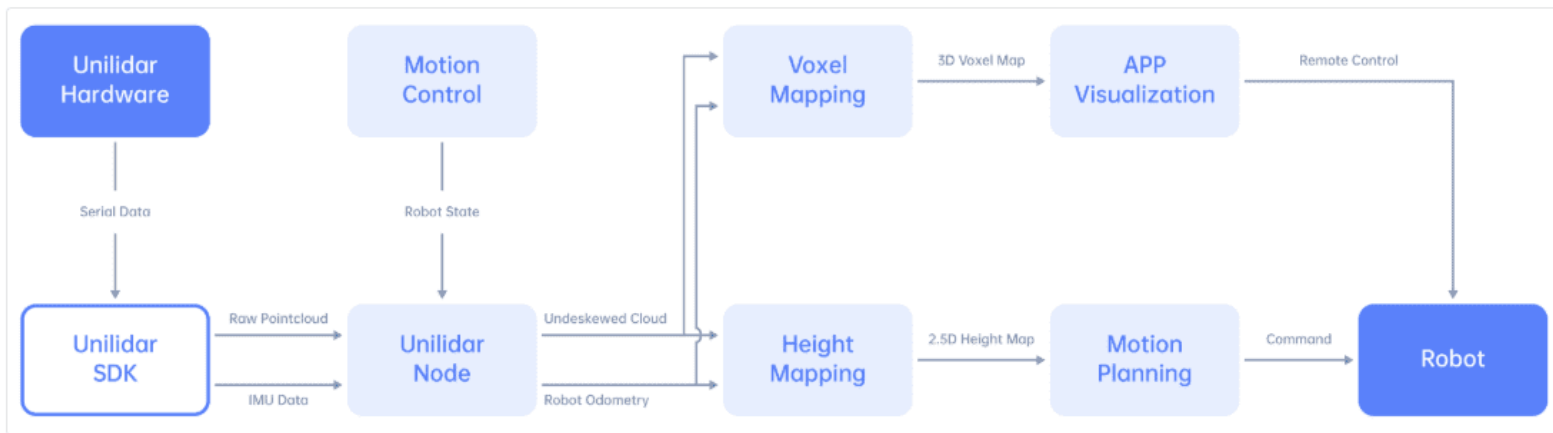
资料来源: 宇树, 海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

4. 核心技术：激光雷达

激光雷达服务的系统框架：

- Unilidar SDK 通过串口从激光雷达硬件中获取原始测量数据包，并将其解析成点云数据和 IMU 数据
- Unilidar Node 模块通过 Unilidar SDK 获取解析后的点云数据和 IMU 数据，并利用从机器人运动程序中获得的机器人状态信息对点云进行去畸变等预处理，最后发布去除运动畸变后的世界坐标系下的点云和机器人里程计信息
- Height Mapping 模块利用点云和里程计信息构建 2.5D 高度地图，并将其提供给运动规划模块使用，以实现路径规划、避障和落足点控制等功能
- Voxel Mapping 模块利用点云和里程计信息构建 3D 体素地图，并将其传给手机 App，从而可以在手机端实时可视化机器人周围的三维环境地图，以方便对机器人进行遥操作



激光雷达服务系统架构图

资料来源：宇树，海通国际

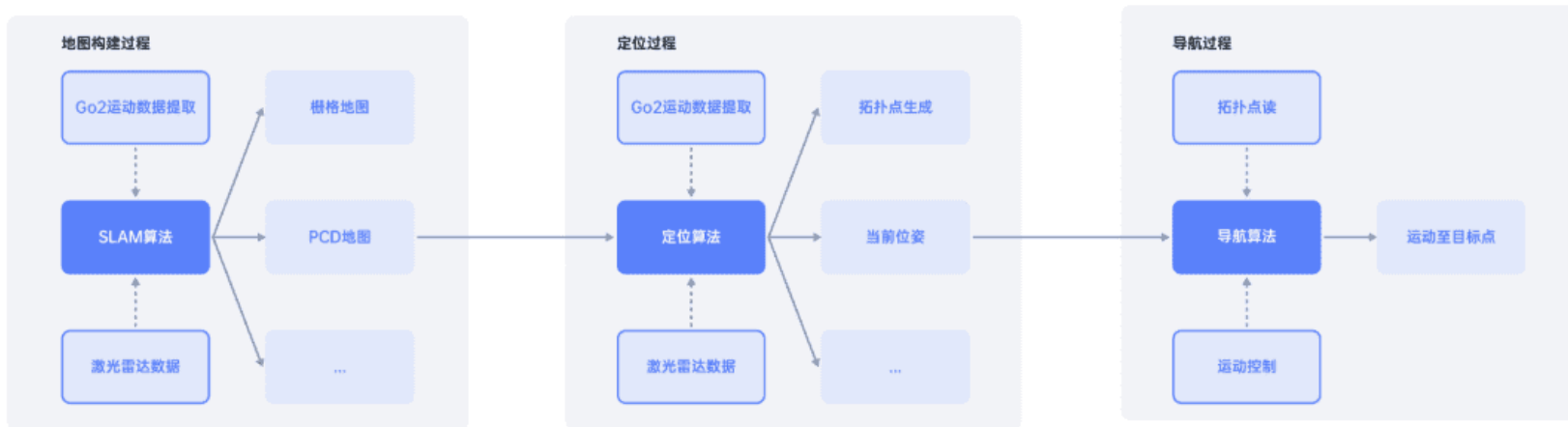
For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

4. 核心技术：自主导航

SLAM应用分为建图、定位和导航三部分，其中建图用于获取当前环境中的特征信息（角特征和面特征），并生成用于重定位的当前环境地图；定位基于建图模块所生成的地图并结合当前传感器的感知用于确定机器人于当前环境中的位姿，用于为导航提供位置反馈等信息；导航模块则根据定位结果以及相对于目标点的偏差自动规划出到达目标点的路径

- Go2运动数据提取模块用于将Go2的运动数据转换为标准的Odom以及IMU数据，以支持建图、定位和导航模块
- 激光雷达数据获取模块用于获取Go2所搭载三维激光雷达的点云数据
- 拓扑点读取模块用于加载所标记的导航点
- 运动控制模块用于控制Go2安全抵达至所指定的目标终点

图：自主导航技术流程

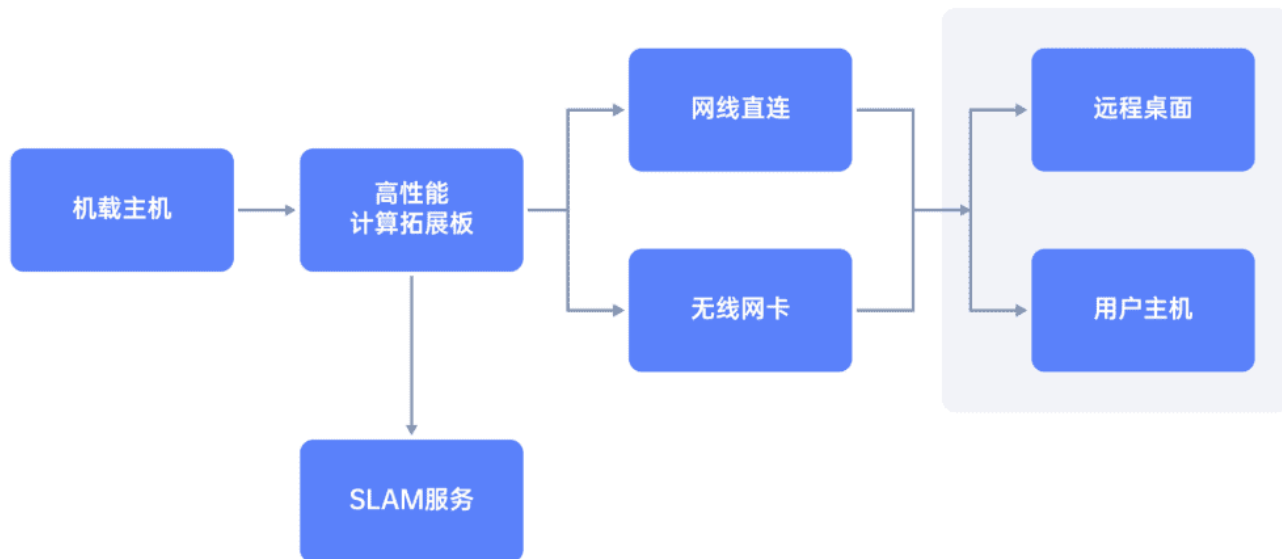


资料来源：宇树，海通国际

4. 核心技术：高性能计算与开发者远程开发

- SLAM服务运行于高性能计算拓展板中，机载主机负责提供Go2的运动信息。用户可通过网线直连或WIFI连接（需额外安装无线网卡）的方式连接高性能计算拓展板，以远程桌面或者安装有Ubuntu系统的用户主机获取SLAM服务数据

图：高性能计算与远程开发架构

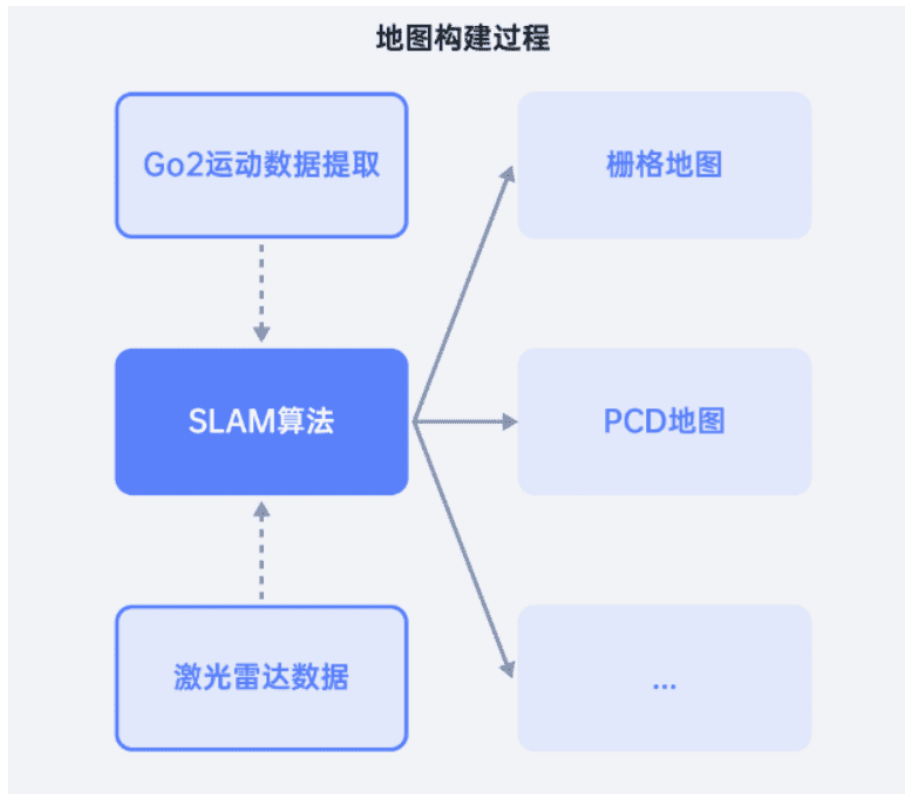


资料来源：宇树，海通国际

4. 核心技术：同步定位与地图构建

通过SLAM 算法实现 “同步定位与地图构建”：

- **输入数据：**
 - Go2 运动数据提取（自身姿态、运动状态等信息）
 - 激光雷达数据（环境的点云感知信息）
- **核心算法：** SLAM 算法（同步定位与地图构建）
- **输出地图：**
 - 栅格地图（将环境划分为网格，标识可通行/障碍物区域，适用于路径规划）
 - PCD 地图（点云格式的三维地图，保留环境的精细结构，适用于高精度场景）
 - 其他地图格式（按需生成）



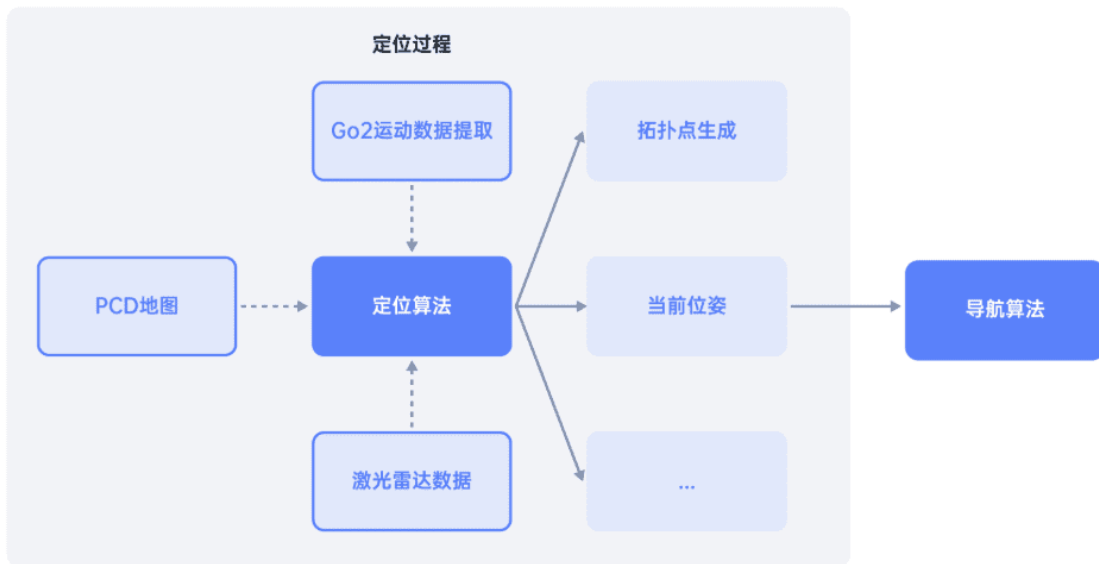
资料来源：宇树，海通国际

4. 核心技术：同步定位与地图构建

该流程让机器狗能在已构建的地图中“确定自身位置”，是实现自主导航的核心支撑

- **输入数据：**
 - Go2 运动数据提取（自身姿态、运动状态）
 - PCD 地图（此前地图构建过程生成的三维点云地图）
 - 激光雷达数据（环境感知信息）
- **核心算法：**定位算法
- **输出与衔接：**
 - 生成拓扑点（环境关键节点）、当前位姿（自身在地图中的位置与姿态），并将当前位姿传递给导航算法，为后续路径规划、自主移动提供空间定位基础。

图：定位流程



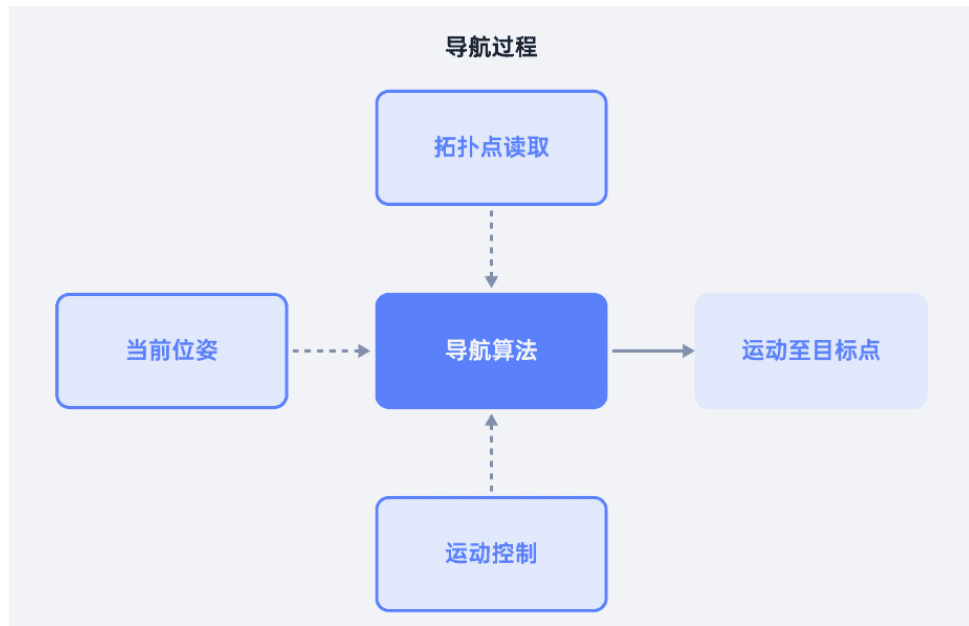
资料来源：宇树，海通国际

4. 核心技术：自主导航与路径规划

该流程是“建图-定位-导航”闭环的最终环节，通过算法规划路径并执行，支撑机器狗在工业巡检、科研探索等场景的自主移动

- **输入信息：**
 - 拓扑点读取（环境关键节点信息）
 - 当前位姿（自身在地图中的位置与姿态，来自定位过程）
 - 运动控制指令
- **核心算法：** 导航算法
- **输出结果：** 驱动机器狗运动至目标点，完成自主导航任务

图：导航流程



资料来源：宇树，海通国际

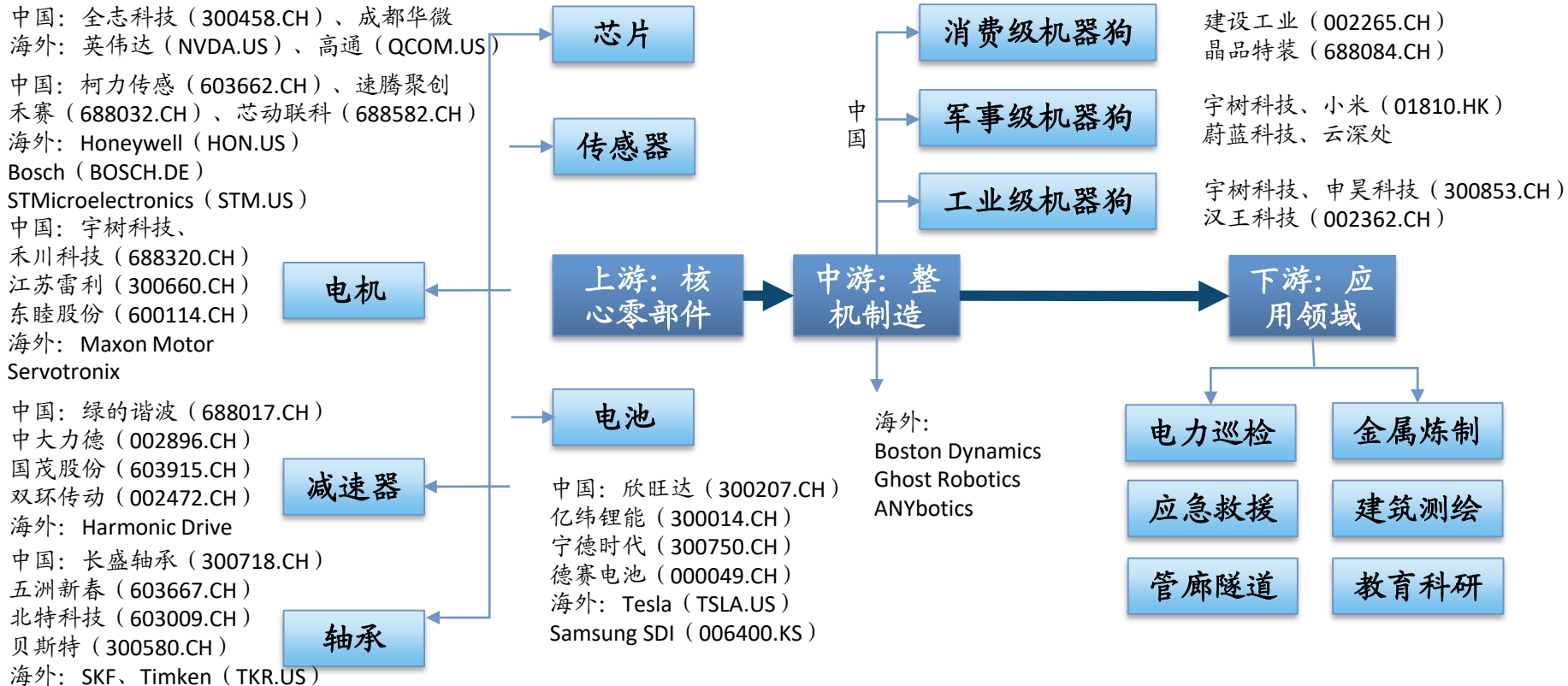
5. 产业链

- **上游:** 核心零部件（激光雷达、电机等）和软件技术（SLAM、AI 算法等）是产业的技术基石，其性能（如传感器精度、算法效率）直接决定机器狗的功能上限
- **中游:** 制造环节是技术整合与产品分层的关键，通过“军事级（高性能高可靠）、工业级（场景适配）、消费级（性价比 + 易用性）”的产品矩阵，满足不同市场的需求差异
- **下游:** 应用领域是价值变现与需求反哺的终端，军事、工业、消费场景的真实需求会反向推动上游技术迭代和中游产品升级，最终形成“技术研发→产品制造→场景验证→需求反哺→技术再升级”的产业闭环



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

5. 产业链



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

5. 产业链：六大应用场景



电力巡检

应急救援

管廊隧道

金属炼制

建筑测绘

教育科研

- 助力传统电力巡检智慧化转型升级，实现迈向智能运维、无人巡检，为电力产业高质量发展提供新引擎。拥有强大的适配能力，实现快速部署，高精度数据采集，精细化巡检，分析预警等高效智慧巡检闭环
- 代替救援人员进入有毒、缺氧、易塌等高位环境进行侦查搜救工作，能够提前深入复杂结构环境，全方位只能侦查物体及有害气体，同时能够运送救援物资及装备协助救援
- 能够在复杂环境地形中对电力管廊地下空间进行无人自主巡检，避免传统巡检造成的人为疏漏，提升设备状态的监管效率，智能识别异常状况，减少运检成本，提升巡检效率
- 针对工业狭窄、粉尘巨大、路面泥泞湿滑、多管缆、多障碍等复杂环境进行无人巡检勘察，大幅度减少人工巡检安全风险，能够全天候作业，提高巡检效率及生产力，提前预防设备故障，能够不间断收集巡检数据，覆盖巡检死角盲区
- 针对复杂测量环境进行辅助测绘工作，结合AI智能算法及其优异的越障避障功能，按照任务路径自行进行现场扫描、测绘、工程进度监控多个复杂重复性任务，大幅度提升效率，减少安全风险
- 提供多元化的开发支持，帮助用户了解机器人的特点、性能及操作方式，深入了解行业内领先的技术及应用方向

资料来源：海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

5. 产业链：具体工业场景

- 电力/公用事业（变电站、燃机/热电）应用要点

定点/定时巡检：红外测温、声学听诊、表计读数、局放/泄漏识别

复杂地形：越障/楼梯/金属栈桥；夜间与恶劣天气巡检
大园区可选轮足形态，提升线路速度与里程

- 油气/化工（含防爆区）应用要点

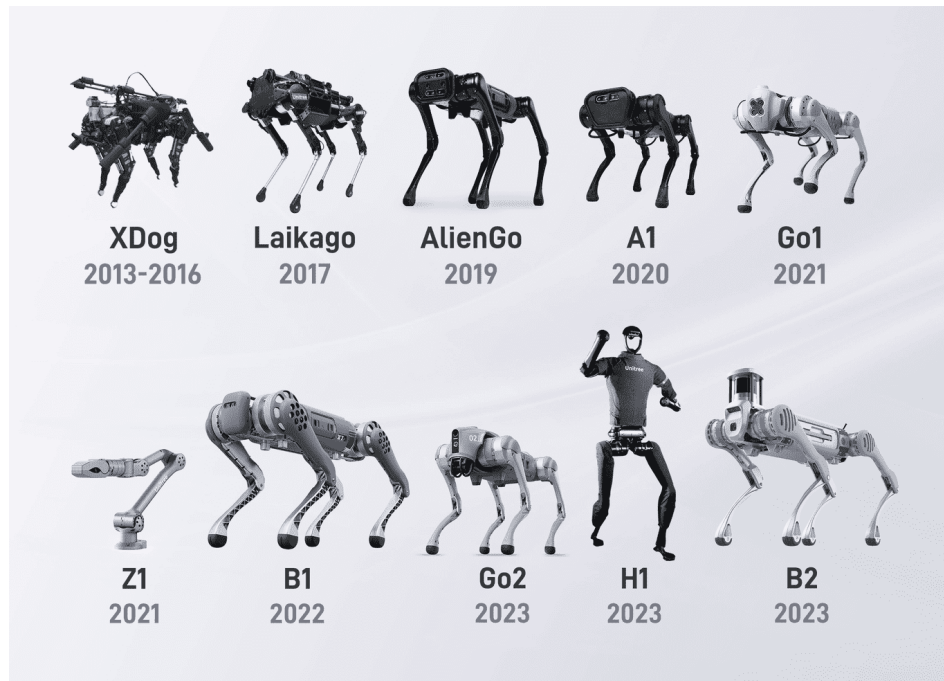
危险区巡检：火气/泄漏/阀位/点表识别，室外管廊与罐区

- 半导体 Fab（洁净区/设施系统）应用要点

电力/冷却设施间、化学品间、厂务与管廊、屋顶冷却塔巡检；洁净间要求低颗粒排放。

- 数据中心（配电场与冷却系统）应用要点

室外变电/电力庭院红外/声学巡检，冷却水系统泄漏/温差/振动监测多为室外场景，需高防护与长航时



资料来源：海通国际

5. 产业链：具体教育及科研场景（“低价硬件 + 深度 SDK”）

- 硬件：Go2 标准版 ~\$2,800；EDU 扩展坞可配 Orin Nano 40 TOPS / Orin NX 100 TOPS
- 软件：开放 SDK 支持直接电机控制，利于端到端策略/低层控制研究
- 课程：厂商/第三方课程（如 DroneBlocks）覆盖 ROS、视觉导航、强化学习等
- 投研：开发者生态与学术论文反哺工业落地的“模型/算法供给”

Unitree



EDU 面向教学/研发场景，
强调二次开发与课程配套

资料来源：海通国际

6. 受益个股：海外

1. 算力与智能中枢：NVIDIA、Qualcomm

具身智能的核心是“感知-决策-执行”的实时闭环，对边缘算力与能效要求很高。NVIDIA 以 Jetson Orin 与 Isaac Sim 构建机器人训练与推理生态，是全球通用具身智能平台的事实标准；Qualcomm 通过 Snapdragon X 与 RB5 平台加速机器人及 XR 终端落地

2. 工业机器人与自动化主力：ABB、Fanuc、Yaskawa、Rockwell

ABB 在协作机器人与数字孪生平台布局领先，Fanuc 以高可靠伺服系统占据全球工业机器人份额首位，Yaskawa 以驱控一体化系统在多轴与轻量型机器人领域扩张，Rockwell Automation 则以 FactoryTalk 软件构建统一控制层。四者在“执行与控制”层形成全球寡头格局，是具身智能产业规模化的核心制造基石

3. 传动与核心零部件：Harmonic Drive、Nabtesco、SMC

Harmonic Drive 与 Nabtesco 分别在谐波与 RV 减速器领域处于垄断地位，是人形与四足机器人关节系统的关键部件。SMC 为全球气动执行元件龙头，为轻量夹具、触觉反馈系统提供动力源。随着具身智能对精密传动和多自由度控制需求提升，这类高壁垒零部件厂商具备持续涨价与份额扩张的确定性

4. 感知与视觉系统：Keyence、Cognex、Omron

Keyence 以 3D 视觉与激光测距占据高端传感市场，Cognex 在工业机器视觉检测与路径识别保持领先，Omron 则结合多模态传感与边缘 AI 实现实时控制。三者共同构成具身智能的“感知层”核心，随服务型与协作机器人普及，其高精度视觉模组与传感方案将迎来量价齐升

5. 应用与系统集成：Symbotic、Teradyne (UR)、iRobot、Siemens

Symbotic 以仓储机器人系统实现 AI 调度与自主导航，Teradyne 旗下 Universal Robots 为协作机器人龙头，iRobot 代表消费端具身智能的早期商业化样本，Siemens 则通过 Digital Industries 平台整合仿真、控制与自动化。随着具身智能从工厂走向家庭、物流与医疗，这些企业在“应用场景-系统平台”层面最具兑现路径

6. 受益个股：中国

中国四足机器人市场2030年有望突破百亿规模，宇树科技为行业龙头，其核心上游供应链将深度受益。宇树科技作为国内四足机器人龙头，凭借Go2平台的自研控制架构、4D LiDAR与AI运动算法，已在消费级与行业级市场实现领先量产。公司在全球市场份额超过30%，带动整个产业链进入放量周期。其上游涵盖主控芯片、存储模组、射频通信、电池与材料等核心环节，国产化替代率快速提升。随着消费级产品持续放量、工业级B2版本加速渗透，我们预计相关零部件厂商将成为直接受益者，并在未来数年迎来业绩高增长期。

主控芯片与算力平台：瑞芯微（603893.SH）& 晶晨股份（688099.SH）

宇树Go2搭载瑞芯微RK3588S2芯片，采用8核Cortex-A76/A55架构、8 nm 制程，AI算力达6 TOPS，可同时支撑运动控制与视觉识别。瑞芯微在国产SoC中具代表性，布局AIoT、机器人、边缘计算三大场景，受益于人形与四足机器人出货加速。晶晨股份在AI Codec与多媒体处理具优势，产品正向高算力端延伸，有望受益于具身智能设备的多模态交互需求。

存储模组与高速缓存：佰维存储（688525.SH）& 江波龙（301308.SZ）

佰维为宇树Go2提供NAND闪存与LPDDR4X内存，承担系统固件与实时缓存。公司深耕工业级高可靠存储，客户覆盖AI终端与智能制造。江波龙聚焦嵌入式存储（eMMC、UFS、SSD），产品广泛进入工控与智能硬件，国产替代空间广阔，具备随AI机器人渗透的放量逻辑。

通信与射频芯片：唯捷创芯（688153.SH）

Go2通信模组采用高通MDM9607基带与唯捷创芯VC7916-62 LTE射频芯片，实现4G 通信与GNSS 定位。高通在低功耗物联网基带保持领先，正向边缘AI拓展；唯捷创芯为国内射频前端与物联网芯片龙头，客户快速渗透智能硬件、机器人与车载终端，具备国产射频替代与量产验证双逻辑。

6. 受益个股：中国

控制与伺服系统：汇川技术（300124.SZ）& 埃斯顿（002747.SZ）

汇川提供运动控制、伺服驱动、机器人控制器，是国产工业自动化核心供应商；埃斯顿布局“控制+本体”双线，旗下EIAS控制系统兼容多轴协作与智能关节。两家公司处于具身智能“肌肉层”核心，随人形机器人关节、控制器渗透率提升具显著弹性。

减速器与传动系统：绿的谐波（688017.SH）& 双环传动（002472.SZ）

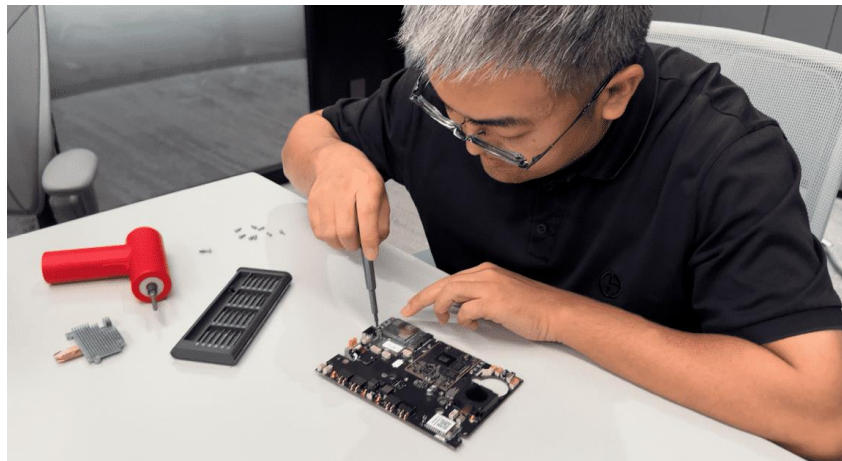
谐波减速器为人形/四足机器人关键部件，成本占比高达20-30%。绿的谐波在谐波齿轮领域国产龙头地位稳固，产品已进入主流人形机器人厂链；双环传动拓展精密传动件、RV减速器产线，受益国产替代与中高端机器人导入周期。

感知与视觉系统：奥比中光（688322.SH）& 奥普特（688686.SH）

奥比中光提供3D视觉模组（ToF/结构光），用于机器人SLAM定位与物体识别，是国产视觉传感代表。奥普特聚焦机器视觉光源、镜头与算法，深度绑定电子、半导体与智能制造客户。随着具身智能“眼脑协同”能力提升，3D视觉传感需求有望指数级扩张

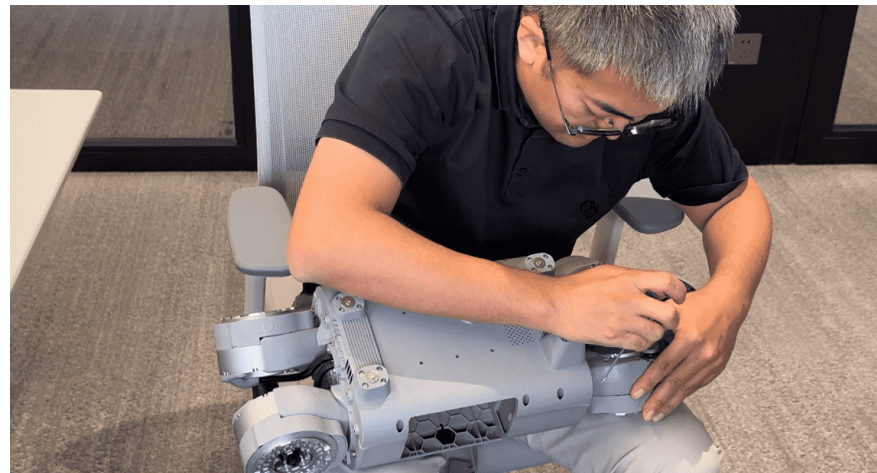
激光雷达模组：禾赛科技（02525.HK）& 速腾聚创（2498.HK）

宇树Go2自研4D LiDAR L1/L2，成本占整机近三分之一。禾赛在混合固态技术领先，速腾聚创布局MEMS路线，两者均在机器人感知与无人驾驶领域延展应用。激光雷达价格快速下探、可靠性提升，将推动腿式机器人规模化应用，两家公司有望迎来“Robot + Auto”双轮驱动成长曲线。



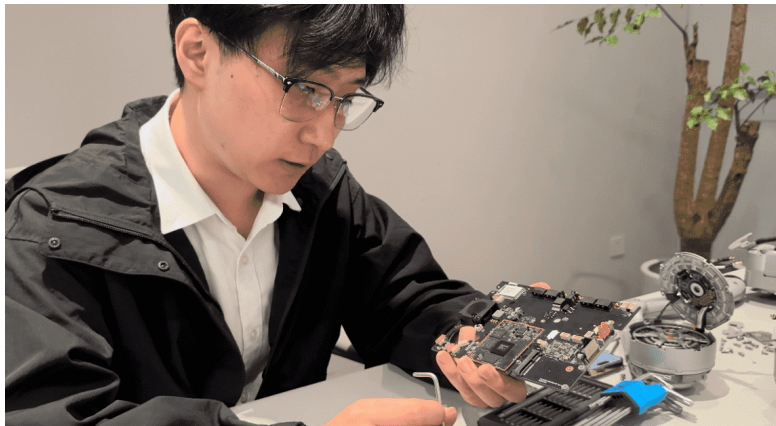
资料来源：海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com



资料来源：海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com



资料来源：海通国际

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htsec.com

Summary

China's quadruped robot market will exceed RMB 10B by 2030. As the industry leader, Unitree Robotics will boost its core upstream supply chain. Unitree leads mass production in consumer/industrial markets via its self-developed Go2 platform (control architecture, 4D LiDAR, AI motion algorithms). It holds over 30% global share, driving the industrial chain's volume expansion. Its upstream covers main control chips, storage modules, RF communication, batteries and materials, with fast-growing domestic substitution.

1. Computing Power & Intelligent Core: NVIDIA, Qualcomm

Embodied intelligence relies on a real-time "perception-decision-execution" loop, demanding high edge computing power and energy efficiency. NVIDIA's Jetson Orin & Isaac Sim form a robot training/inference ecosystem, serving as the de facto global standard. Qualcomm accelerates robot/XR deployment via Snapdragon X & RB5 platforms.

2. Industrial Robots & Automation: ABB, Fanuc, Yaskawa, Rockwell

ABB leads in collaborative robots and digital twins. Fanuc leads global industrial robots with reliable servo systems. Yaskawa expands in multi-axis/lightweight robots via integrated drive-control. Rockwell builds a unified control layer with FactoryTalk.

3. Transmission & Core Components: Harmonic Drive, Nabtesco, SMC

Harmonic Drive (harmonic reducers) and Nabtesco (RV reducers) dominate, key for humanoid/quadruped robot joints. SMC, a global pneumatic actuator leader, powers lightweight grippers and tactile feedback. Amid rising demand for precision transmission, these high-barrier firms will see steady price and share growth.

4. Perception & Vision Systems: Keyence, Cognex, Omron

Keyence leads high-end sensing with 3D vision/laser ranging. Cognex leads in industrial machine vision inspection/path recognition. Omron enables real-time control via multi-modal sensing + edge AI. Together, they form the "perception layer" core; their high-precision modules will grow in volume and price with service/collaborative robot adoption.

5. Application & System Integration: Symbotic, Teradyne (UR), iRobot, Siemens

Symbotic delivers AI scheduling/navigation via warehouse robots. Teradyne's UR leads collaborative robots. iRobot is an early consumer embodied intelligence example. Siemens integrates simulation/control/automation via its Digital Industries platform. As embodied intelligence expands to households/logistics/healthcare, these firms have the clearest "scenario-system" realization path.

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htsec.com

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，姚书桥，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30个自然日内交易此研究报告所讨论目标公司的证券。I, Barney Yao, 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 30 calendar days after the research report is published.

我，吕小潼，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30个自然日内交易此研究报告所讨论目标公司的证券。I, Xiaotong Lyu, 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 30 calendar days after the research report is published.

我，吴徽霖，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30个自然日内交易此研究报告所讨论目标公司的证券。I, Louis Ng, 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 30 calendar days after the research report is published.

我，刘艺苗，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30个自然日内交易此研究报告所讨论目标公司的证券。I, YiMiao Liu, 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 30 calendar 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@htisec.com](mailto:ERD-Disclosure@htisec.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@htisec.com if timely and comprehensive information is needed).

国泰海通证券股份有限公司和/或其子公司（统称“国泰海通”）在过去12个月内参与了002472.CH, 300207.CH, 688099.CH and 300124.CH的投资银行项目。投资银行项目包括：1、国泰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、国泰海通作为保荐人、主承销商或财务顾问的股权或债务再融资项目；3、国泰海通作为主经纪商的新三板上市、目标配售和并购项目。

Guotai Haitong Securities Co., Ltd. and/or its subsidiaries (collectively, the "Guotai Haitong") have a role in investment banking projects of 002472.CH, 300207.CH, 688099.CH and 300124.CH within the past 12 months. The investment banking projects include 1. IPO projects in which Guotai Haitong acted as pre-listing tutor, sponsor, or lead-underwriter; 2. equity or debt refinancing projects of 002472.CH, 300207.CH, 688099.CH and 300124.CH for which Guotai 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 Guotai Haitong acted as lead-brokerage firm.

002472.CH, 300207.CH, 300750.CH, 1810.HK, 688099.CH, 300124.CH 及 2498.HK目前或过去12个月内是国泰海通的投资银行业务客户。

002472.CH, 300207.CH, 300750.CH, 1810.HK, 688099.CH, 300124.CH and 2498.HK are/were an investment bank clients of Guotai Haitong currently or within the past 12 months.

603662.CH 及 002472.CH目前或过去12个月内是国泰海通的客户。国泰海通向客户提供非投资银行业务的证券相关业务服务。

603662.CH and 002472.CH are/were a client of Guotai Haitong currently or within the past 12 months. The client has been provided for non-investment-banking securities-related services.

603662.CH目前或过去12个月内是国泰海通的客户。国泰海通向客户提供非证券业务服务。

603662.CH is/was a client of Guotai Haitong currently or within the past 12 months. The client has been provided for non-securities services.

国泰海通在过去12个月中获得对002472.CH, 300207.CH, 300750.CH, 1810.HK, 688099.CH, 300124.CH 及 2498.HK提供投资银行服务的报酬。

Guotai Haitong received in the past 12 months compensation for investment banking services provided to 002472.CH, 300207.CH, 300750.CH, 1810.HK, 688099.CH, 300124.CH and 2498.HK.

国泰海通预计将（或者有意向）在未来三个月内从002472.CH, 300207.CH, 688099.CH 及 300124.CH获得投资银行服务报酬。

Guotai Haitong expects to receive, or intends to seek, compensation for investment banking services in the next three months from 002472.CH, 300207.CH, 688099.CH and 300124.CH.

国泰海通在过去的12个月中从603662.CH获得除投资银行服务以外之产品或服务的报酬。

Guotai Haitong has received compensation in the past 12 months for products or services other than investment banking from 603662.CH.

国泰海通担任1810.HK 及 688099.CH有关证券的做市商或流通量提供者。

Guotai Haitong acts as a market maker or liquidity provider in the securities of 1810.HK and 688099.CH.

Compendium disclosure: For disclosures associated with each company mentioned herein, including disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation, if any, please refer to the full report on our website (equities.htisec.com).

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.

	截至2025年9月30日			截至2025年6月30日		
	海通国际股票研究评级分布			海通国际股票研究评级分布		
	优于大市	中性 (持有)	弱于大市	优于大市	中性 (持有)	弱于大市
海通国际股票研究覆盖率	92.3%	7.5%	0.2%	92.6%	7.2%	0.2%
投资银行客户*	3.3%	3.9%	0.0%	2.9%	4.1%	0.0%

*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9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 September 30, 2025			Haitong International Equity Research Ratings Distribution, as of June 30, 2025		
	Outperform	Neutral (hold)	Underperform	Outperform	Neutral (hold)	Underperform
HTI Equity Research Coverage	92.3%	7.5%	0.2%	92.6%	7.2%	0.2%
IB clients*	3.3%	3.9%	0.0%	2.9%	4.1%	0.0%

*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。国泰海通证券（601211.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，海通国际使用与国泰海通证券不同的评级系统，所以海通国际与国泰海通证券的中国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. GUOTAI HAITONG SECURITIES (601211 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 GTHS differs from that used by HTI and as a result there may be a difference in the HTI and GTHS 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支由国泰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，并结合对国泰海通证券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 GTHS in Shanghai. These stocks are carefully selected through a quality-based screening process in combination with a review of the GTHS A-share team's bottom-up research. The Q100 constituent companies are reviewed quarterly.

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 本数据版权归本公司所有，本公司依法保留各项权利。未经本公司事先书面许可授权，任何个人或机构不得将本数据中的评估结果用于任何营利性目的，不得对本数据进行修改、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 disclaim 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和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 (“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”). HSIPL 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1460 Broadway, Suite 11017, New York, NY 10036 USA，电话+1 212-351-6052。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.

1460 Broadway, Suite 11017

New York, NY 10036

联系人电话: +1 212-351-6052

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 1460 Broadway, Suite 11017, New York, NY 10036 USA; +1 212-351-6052. 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.
1460 Broadway, Suite 11017
New York, NY 10036
Attn: Sales Desk at +1 212-351-6052

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实益权益。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、广告或公开发售。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”）于新加坡提供。HTISSPL是符合《财务顾问法》2001（“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》2001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
10 Collyer Quay, #19-01 - #19-05 Ocean Financial Centre, Singapore 049315
电话: (65) 6713 0473

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”）第03/1102、03/1103或03/1099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。

（条款链接：<https://www.htisec.com/sites/all/themes/hitong/files/india/Terms%20and%20Conditions%20for%20Research%20Analyst.pdf>）

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”。

，未经海通国际的书面同意不得予以复制和再次分发。

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”). HTISSPL is an Exempt Financial Adviser under the Financial Advisers Act 2001 (“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 2001. 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) 6713 0473

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 Class Order 03/1102, 03/1103 or 03/1099, respectively, 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").

(Link to the Terms and Conditions document: <https://www.htisec.com/sites/all/themes/hitong/files/india/Terms%20and%20Conditions%20for%20Research%20Analyst.pdf>)

Name of the entity: Haitong Securities India Private Limited

SEBI Research Analyst Registration Number: INH000002590

APPENDIX 2

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>