

宇树G1人形机器人拆解报告

电力设备与新能源行业 投资评级：强于大市 | 维持

苏千叶/盛炜/杨帅波

中邮证券研究所 电新团队

中邮证券

发布时间：2026-03-30

投资要点

- **背景：**人形机器人目前正处于蓬勃发展阶段，根据IDC最新报告指出，2025年全球人形机器人出货量接近1.8万台，YOY+508%，市场规模达到约4.4亿美元，主要应用于文娱商演、科研教育、数据采集等领域。
- **售价、成本与毛利率分析**
 - **售价与配置：**G1是宇树目前在售的核心产品，基础版售价8.5万元（税后），EDU版本售价16.9~30.9万元，身高1.32m，质量35kg，基础版拥有23个自由度，EDU版本根据配置有23~43个自由度。
 - **成本与毛利率分析：**本次拆解的基础版，整机BOM成本预计4.16万元，其中核心关节成本预估2.75万元。预估所有加工费用为0.3万元，毛利率为40.7%。EDU版本售价16.9~30.9万元，预估毛利率63.5~66.7%不等。
- **供应链梳理：**电机、驱动板、运控算法等核心部件自研；减速器齿轮来自美湖股份，交叉滚子轴承来自洛阳佰纳，灵巧手来自宇树自研、因时机器人、睿尔曼、强脑科技等；深度相机（Intel D435i）、激光雷达（大疆 LIVOX MID360）、主控芯片（瑞芯微 3588）、内存（佰维）、存储（江波龙）为外采成熟器件。

投资要点

➤ 机器人主要零部件拆解

- **关节系统**：全身总共23 个关节，膝关节最大扭矩 $90\text{N} \cdot \text{m}$ ，手臂最大负载 2kg。拆解小腿处关节，采用“电机-两极行星减速器-编码器-驱动器”四合一集成模组，中空内走线，设计紧凑。
- **电源系统**：13 串锂电池，容量 9000mAh，电量0.42kwh，续航约 1~2 小时，重量 2.5kg。
- **控制系统**：基础版搭载瑞芯微 3588，EDU 版加装 Orin NX 提供 100TOPS 算力，芯片做防逆向处理。
- **感知系统**：头部集成大疆 3D 激光雷达 + 英特尔深度相机，搭配四麦阵列与 5W 扬声器，支撑环境感知与交互。
- **线束设计**：关节中空走线 + 标准化接口，配备末端电容缓冲，全身线束不超过10m。
- **热管理**：仅主控板和髌关节配备风冷主动散热，膝关节配备均热板实现被动散热。
- **轻量化**：整机 35kg，关节集成化减重，结构件以铝合金、工程塑料为主，仅小腿连杆用钢，拓扑优化充分，轻量化水平优秀，继续减重空间有限。

投资要点

➤ 总结

- **优秀的成本控制能力：**2025 年前三季度人形机器人毛利率62.9%，G1基础版预估毛利率40.7%，高配版预估毛利率63.5~66.7%。
- **优秀的轻量化设计：**G1 质量仅 35kg，通过关节高度集成化、中空走线优化、铝合金与工程塑料复合用材及拓扑镂空结构，实现极致轻量化，减重空间已较为有限。
- **保守的热管理设计：**整机以被动散热为主，仅主控板和髋关节采用主动风冷方案，连续工作时长 1-2 小时，热管理偏向轻量化与低成本取舍，难以支撑工业级连续作业。
- **有限的末端负载能力：**G1 自重 35kg，单臂最大负载仅 2kg，末端负载能力显著受限，制约工业场景拓展与复杂执行器适配。
- **工业人形亟需直线关节方案：**纯旋转关节在人形机器人轻量化约束下存在扭矩密度、刚性与持续出力短板，直线关节具备高推力密度、高刚性与自锁优势，是工业级高负载人形机器人的最佳方案。
- **硬件无壁垒，软件定胜负：**G1 核心硬件均为行业可采购、可量产的成熟器件，硬件层面无高壁垒；整机高动态运动与稳定性能核心源于自研运控算法，软件算法是宇树的核心竞争力之一。

投资要点

➤ 投资建议：

机器人行业蓬勃发展，建议关注：

关节模组：三花智控，拓普集团，恒立液压，震裕科技

丝杠：双林股份、北特科技、五洲新春、兆丰股份、金沃股份，浙江荣泰

减速器：美湖股份，中大力德、绿的谐波，斯菱股份，丰立智能，科达利，双环传动

轻量化：恒勃股份，星源卓镁，旭升集团，爱柯迪，日盈电子，长盈精密，宁波华翔

电机：信质集团，恒帅股份，步科股份，鸣志电器，兆威机电，德昌电机控股

传感器：安培龙，汉威科技，福莱新材，华培动力

设备：均普智能，均胜电子

股权投资：首程控股

➤ **风险提示：**人形机器人产业化不及预期，技术路线不确定风险，行业竞争加剧风险，商业化落地不及预期，技术进步不及预期等。

一、售价、成本与毛利率分析

1.1 售价与配置

1.2 成本分析

1.3 毛利率分析

二、供应链分析

三、机器人主要零部件拆解

3.1 整体拆解图

3.2 关节系统

3.3 电源系统

3.4 控制系统

3.5 感知系统

3.6 线束设计

3.7 热管理

3.8 轻量化

四、总结

4.1 优秀的成本控制能力

4.2 优秀的轻量化设计

4.3 保守的热管理设计

4.4 有限的末端负载能力

4.5 工业人形亟需直线关节方案

4.6 硬件无壁垒，软件定胜负



售价、成本与毛利率分析


1.1 售价与配置

1.2 成本分析


1.3 毛利率分析

1.1 售价与配置

- 根据IDC最新报告指出，2025年全球人形机器人出货量接近1.8万台，YOY+508%，市场规模达到约4.4亿美元，主要应用于文娱商演、科研教育、数据采集等领域。
- 宇树2025年全年出货超过5500台，全球人形机器人出货量第一，G1是宇树科技核心在售产品。
- 根据招股说明书，宇树科技在25Q1~Q3销量3551台，营收4.88亿元，平均售价16.8万元/台，人形机器人毛利率达到62.9%。

 完整展开尺寸


1320×450×200mm

 折叠后尺寸

690×450×300mm

 整机体积

约 0.134 m³

 整机质量

35kg

图表1：宇树G1核心设计



资料来源：宇树科技

1.1 售价与配置

图表2：宇树G1售价与配置表

G1版本	售价/万	配置差异	
G1基础版	9.9	身高1.32m, 质量35kg, 整机23个自由度, 质保8个月	本次拆解版本
G1 Edu标准版	16.9	基础版+ 100TOPS算力扩展坞 (可二次开发) + 膝关节扭矩升级至120Nm+手臂负载升级至3kg, 质保18月	
G1 Edu进阶版	20.9	G1 Edu标准版+腰部自由度从1个升级为3个+单臂自由度从5个升级为7个	自由度升级
G1 Edu旗舰版A	27.9	G1 Edu进阶版+配备2只 宇树Dex3-1 力控三指灵巧手 (不含触觉)	EDU进阶版+灵巧手 灵巧手对价格影响很大
G1 Edu旗舰版B	28.9	G1 Edu进阶版+配备2只 宇树Dex3-1 力控三指灵巧手 (含触觉, 单手触觉传感器数量为33)	
G1 Edu旗舰版C	28.9	G1 Edu进阶版+配备2只 因时 五指指灵巧手 (不含触觉)	
G1 Edu旗舰版D	30.9	G1 Edu进阶版+配备2只 因时 五指指灵巧手 (含触觉, 单手触觉传感器数量为17)	
G1 Edu旗舰版E	25.9	G1 Edu进阶版+配备2只 强脑 五指指灵巧手 (不含触觉, Revo 2 Basic)	
G1 Edu专业版F	24.4	G1 Edu进阶版+配备2只 强脑 五指指灵巧手 (含压力、摩擦力、方向、接近觉感知, Revo 2 触觉版)	
G1 Edu专业版A	23.9	G1 Edu标准版+配备2只 宇树Dex3-1 力控三指灵巧手 (不含触觉)	EDU标准版+灵巧手
G1 Edu专业版B	24.9	G1 Edu标准版+配备2只 宇树Dex3-1 力控三指灵巧手 (含触觉, 单手触觉传感器数量为33)	
G1 Edu专业版E	21.9	G1 Edu标准版+配备2只 强脑 五指指灵巧手 (不含触觉, Revo 2 Basic)	
G1 Edu专业版F	24.4	G1 Edu标准版+配备2只 强脑 五指指灵巧手 (含压力、摩擦力、方向、接近觉感知, Revo 2 触觉版)	

1.1 售价与配置

- **宇树科技Dex3-1力控三指灵巧手+RGB相机**: 不含触觉单手3.6万元, 含触觉4.1万元, 拥有7个自由度。
- **强脑科技Revo 2 五指灵巧手**: 不含触觉单手2万元, 含触觉3.5万元。关节11个, 主动自由度6个, 整手重量383g, 最大抓取重量3kg, 最大抓取力80N。
- **因时机器人五指灵巧手**: 主动自由度6, 关节数量12, 重量540g, 指尖被动载荷8kg, 零售价格2.2万元。根据宇树公告, 25年Q1~Q3采购因时灵巧手1210只, 金额1720万元, 占灵巧手外采金额的96%, 因时机器人为宇树外购灵巧手一供。

图表3: 因时/宇树/强脑灵巧手设计



因时机器人



宇树科技



强脑科技

1.2 成本分析

■ 全身关节均含限位，共 **23 个自由度 (DoF)**。

■ 具体分布为：

手臂 5 DoF (肩膀 3 + 肘部 2)、

腰部 1 DoF、

腿部 6 DoF (大腿 3 + 膝盖1 + 小腿 2)。

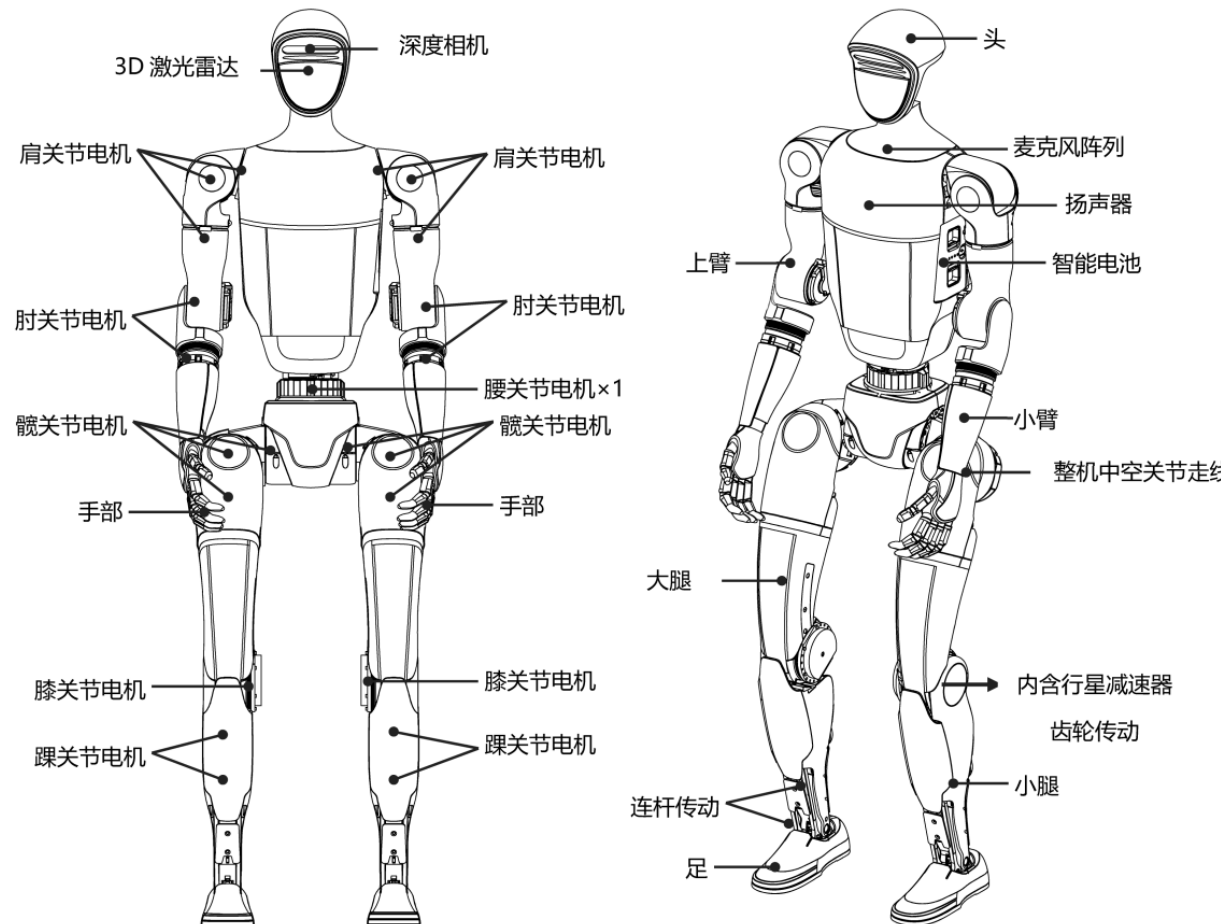
■ **BOM成本：小关节*14+大关节*9=27500元**

图表4：核心关节成本分析

	小关节 (外径60mm左右)	大关节 (外径 80mm 左右)
行星减速器	300	400
电机	200	300
编码器	200	300
结构件 + 辅材	150	200
驱动板	150	300
合计 (元)	1000	1500

资料来源：中邮证券研究所预估

图表5：核心关节位置示意图



资料来源：宇树科技

1.2 成本分析

图表6：整机BOM成本/元

大关节		13500
小关节		14000
电池		2000
电源控制		
	PDU	500
	DCDC	480
	其他	200
线束系统		
	电容缓冲	30
	XT30线束	90
	线束端子	150
传感器		
	深度相机：Intel Realsense D435i	1869
	3D激光雷达：大疆 LIVOXMID360	3840
主控板		
	瑞芯微3588	380
	内存8G	75
	存储64G	60
	其他	900
其他		
	结构件	2000
	外壳	500
	其余	1000
总计		41574

资料来源：中邮证券研究所预估

请参阅附注免责声明

1.3 毛利率分析

- 假设所有加工相关费用为3000元，基础版营业成本为3.73万元，**预估毛利率~40.7%**。
- EDU标准版是基础版的配置升级，包括100TOPS算力扩展坞（可二次开发）+膝关节扭矩升级至120Nm+手臂负载升级至3kg，预估升级成本不超过1万元，**预估毛利率~63.5%**。
- EDU进阶是EDU标准版的配置升级，包括腰部自由度从1个升级为3个+单臂自由度从5个升级为7个，预估升级费用不超过0.7万元，**预估毛利率~66.7%**。
- G1 Edu旗舰版C是在进阶版基础上加装因时五指灵巧手，**预估毛利率~64.8%**。
- 宇树披露的25年前三季度人形机器人综合毛利率为**62.9%**，**平均售价16.8万元**。

图表7：宇树不同版本毛利率预估

G1版本	税后售价/万元	税前售价/万元	预估BOM成本/万元	预估加工费用/万元	预估营业成本/万元	预估毛利率
G1基础版	8.5	7.52	4.16	0.3	4.46	40.7%
G1 Edu标准版	16.9	14.96	5.16	0.3	5.46	63.5%
G1 Edu进阶版	20.9	18.50	5.86	0.3	6.16	66.7%
G1 Edu旗舰版C	28.9	25.58	8.70	0.3	9.00	64.8%



供应链梳理

2. 供应链梳理

图表8：供应链梳理

深度相机	英特尔
3D激光	大疆
减速器	美湖
主控芯片	瑞芯微
内存	佰维
存储	江波龙
交叉滚子轴承	洛阳佰纳轴承
灵巧手	因时机器人 强脑科技 睿尔曼

- 宇树科技零件多为自研，拆解过程中部分零件发现供应商logo。
 - 电机：明确表示为宇树自研，拆解过程未发现供应商logo。
 - 减速器：拆解过程未发现供应商logo，美湖股份曾公开表示为宇树科技配套的减速器关节模组零部件已按要求正常量产交付；
 - 交叉滚子轴承：拆解过程中明确为洛阳佰纳供应。
 - 深度相机：英特尔供应，型号为 Intel Realsense D435i
 - 3D激光雷达：大疆供应，型号为LIVOXMID360
 - 主控芯片：瑞芯微，型号为3588
 - 内存：佰维8G
 - 存储：江波龙64G
 - 灵巧手：因时机器人、强脑科技、睿尔曼供应



机器人拆解分析

- 3.1 整体拆解图
- 3.2 关节系统
- 3.3 电源系统
- 3.4 控制系统
- 3.5 感知系统
- 3.6 线束设计
- 3.7 热管理
- 3.8 轻量化

3.1 整体拆解图

- 躯干模块集成主控算力与电源管理单元，构建机器人的“神经中枢”；
- 四肢关节采用“电机 - 减速器 - 编码器 - 驱动器”四合一集成模组，通过高扭矩密度伺服关节实现小体积大扭矩输出，实现后空翻等高难度动作；
- 整机结构采用高强度铝合金与轻量化复合材料设计，整机仅35kg。
- 通过自研关键零部件，使得成本得到有效控制，整机售价仅8.5万元，实现快速放量。

图表9：机器人拆解整体图



3.1 整体拆解图

- 手臂采用5个小关节模组设计，其中肩部3个，肘部2个，手部为塑胶材质，不可弯曲，高配版配备灵巧手。
- 腿部采用6个关节模组设计，其中胯部3个、膝部1个大关节，小腿处2个小关节。
- 四肢结构件采用铝合金为主，硅胶材质和钢材为辅的结构设计，保证结构强度的同时尽可能实现轻量化。

图表10：腿部总成



图表11：手臂总成



3.2 关节系统

■ 关节电机

- 选用低惯量高速内转子永磁同步电机，具备更优秀的响应速度和散热表现。
- 扭矩表现上，膝关节最大扭矩达 $90\text{N}\cdot\text{m}$ ，其余关节扭矩依次递减。
- 手臂的最大负载能力约为 2Kg 。
- 转速参数：为了满足大于 2m/s 的跑动速度及动态起跃等高难度动作，其内置电机本体的最高转速可达 $3000\sim 5000\text{RPM}$ 级别，经行星减速器后，输出端能产生充沛的爆发力。

图表12：关节电机整体图



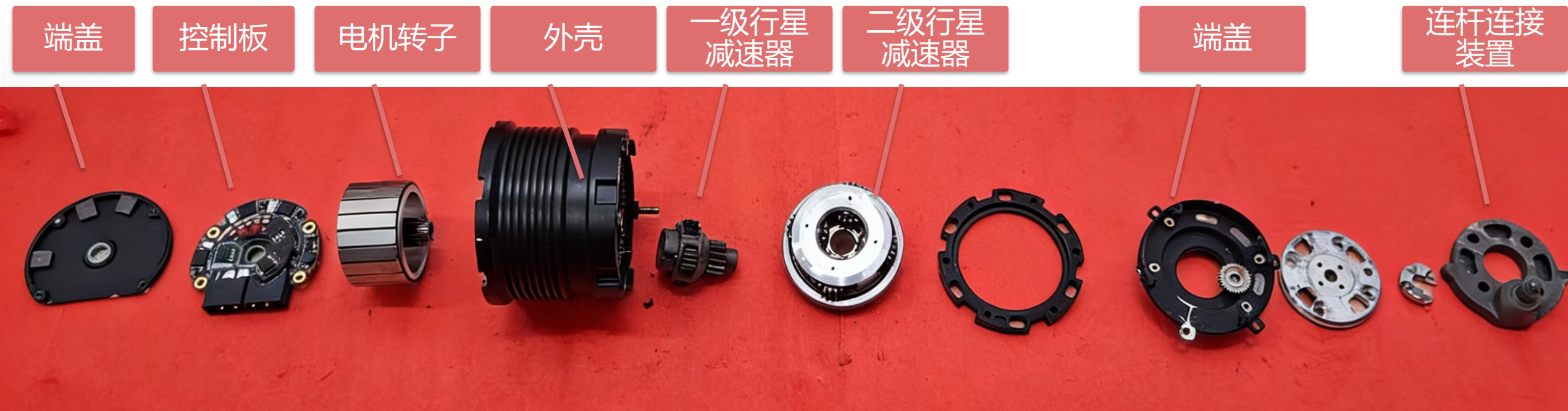
资料来源：中邮证券研究所

3.2 关节系统

■ 关节模组组装图

- 我们拆解了小腿处一个关节模组，直径~60mm，高度70mm，重量525g，通过连杆控制机器人脚踝运动。
- 关节均采用中空内走线设计，线束从电机中心穿过，提升了外部简洁度并有效避免了关节活动时对线束的拉扯。
- 电机还配备了双编码器，提供更准确的位置和速度反馈，以满足高精度控制的需求。

图表13：小腿处小关节爆炸图



3.2 关节系统

- **电机**采用“定子绕组 + 永磁磁钢 + 一体化转子轮毂”的高集成度设计，通过紧凑化结构实现了高扭矩密度、高响应速度与高定位精度的平衡，完美适配机器人关节对“小体积、大扭矩、高动态”的严苛要求，是机器人实现灵活运动、复杂地形适应的核心动力源。

图表14：小关节局部零部件图---电机



电机定子

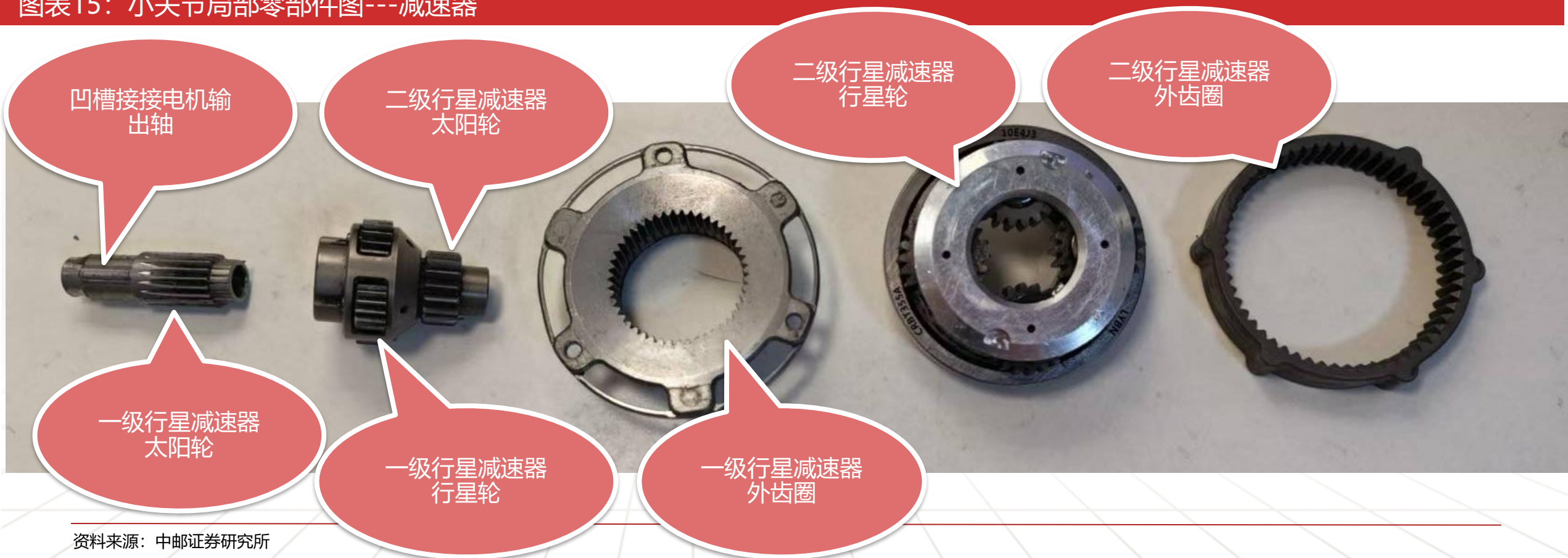
电机转子
永磁磁钢

磁钢座（转子轮毂）
中间凹槽接减速器输入轴

3.2 关节系统

- 减速器
- 采用二级行星减速机构，其中一级减速机构太阳轮齿数为18，行星轮14齿，外齿圈60齿；二级减速器太阳轮16齿，行星轮20齿，外齿圈60齿，总减速比~20.58。

图表15：小关节局部零部件图---减速器



3.2 关节系统

- 薄壁交叉滚子轴承
- 这是关节拆解过程中发现的唯一有供应商logo的零件，洛阳佰纳的薄壁交叉滚子轴承，规格为CRBT355A 10E4J3，CRB355A代表交叉滚子轴承（超薄型），内径35mm，超薄界面5mm，保持架为标准型。10E4J3代表精度10级，内部游隙等级为4组，保持架类型J3。

图表16：小关节局部零部件图---薄壁交叉滚子轴承



薄壁交叉滚阻轴承

薄壁交叉滚阻轴承供应商是洛阳佰纳

薄壁交叉滚子轴承规格

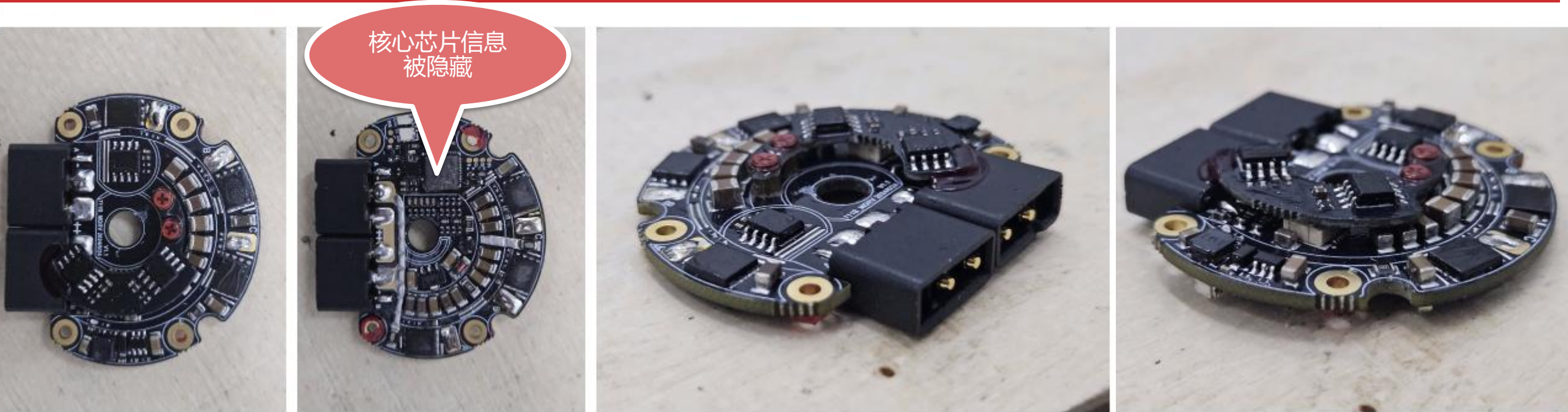
薄壁交叉滚子轴承产品系列

资料来源：中邮证券研究所
请参阅附注免责声明

3.2 关节系统

- **控制板：**圆形 PCB 是宇树机器人关节电机的驱动控制板，为宇树自研的低惯量高速内转子永磁同步电机提供驱动支持，采用永磁同步电机矢量控制（FOC）技术，通过板上的功率器件、控制芯片等核心部件，配合双编码器，实现精准的位置、速度反馈与控制，为 G1 等机型的关节提供扭矩输出，保障机器人完成各类动作。
- **优秀的防逆向设计：**所有芯片的信息均被隐藏，增加友商的仿制难度。

图表17：小关节局部零部件图---驱动板



3.3 电源系统

- 电池
- 配备快拆式 13 串锂电池，额定电压46.8V，容量为 9000mAh，电量0.42kwh，重量~2.5kg，续航时间约1~2h，配套充电器规格为54V 5A。

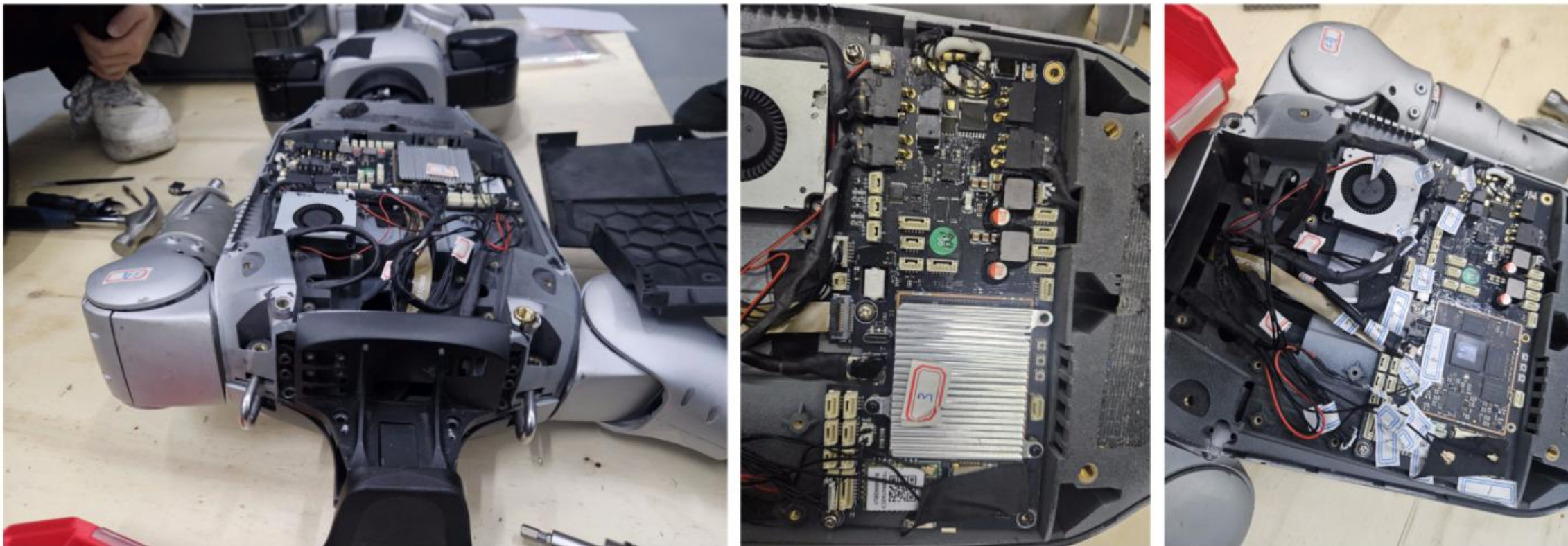
图表18：电池及电池仓



3.4 控制系统

- 控制器
- 控制板位于后背，表面局部覆盖散热翅板+风冷散热设计。
- 控制板后背有三层保护：机器人后背外壳+缓冲泡沫+内层塑料保护层。

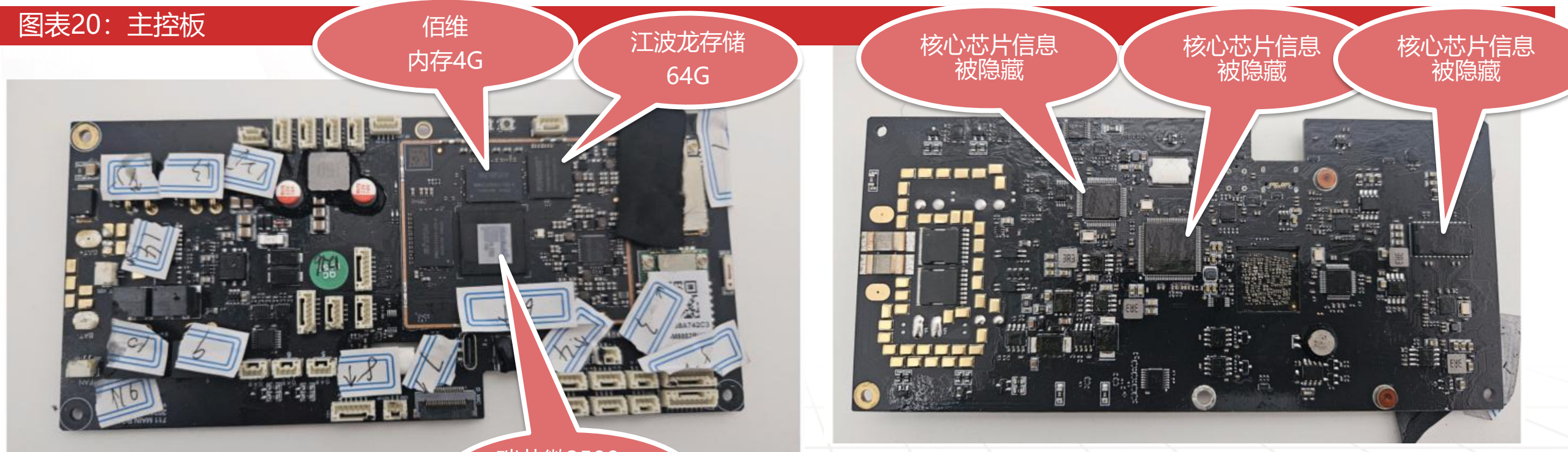
图表19：主控板位置图



3.4 控制系统

- 主控板
- 主控：瑞芯微 RK3588S（8nm 工艺），内置 8核 CPU（4x Cortex-A76 + 4x Cortex-A55）、Mali G610MC4 GPU 及 6TOPS 算力的 NPU
- 内存：两颗 BIWIN（佰维）BMW2CX32H2A-32G-X，合计 8GB
- 存储：一颗 FORESEE（江波龙）FEMDNN064G-58AAA，64GB
- 优秀的防逆向设计：除了主控、内存、存储芯片外，其余芯片的信息均被隐藏，增加友商的仿制难度。

图表20：主控板



瑞芯微3588,
8nm工艺,
6TOPS算力

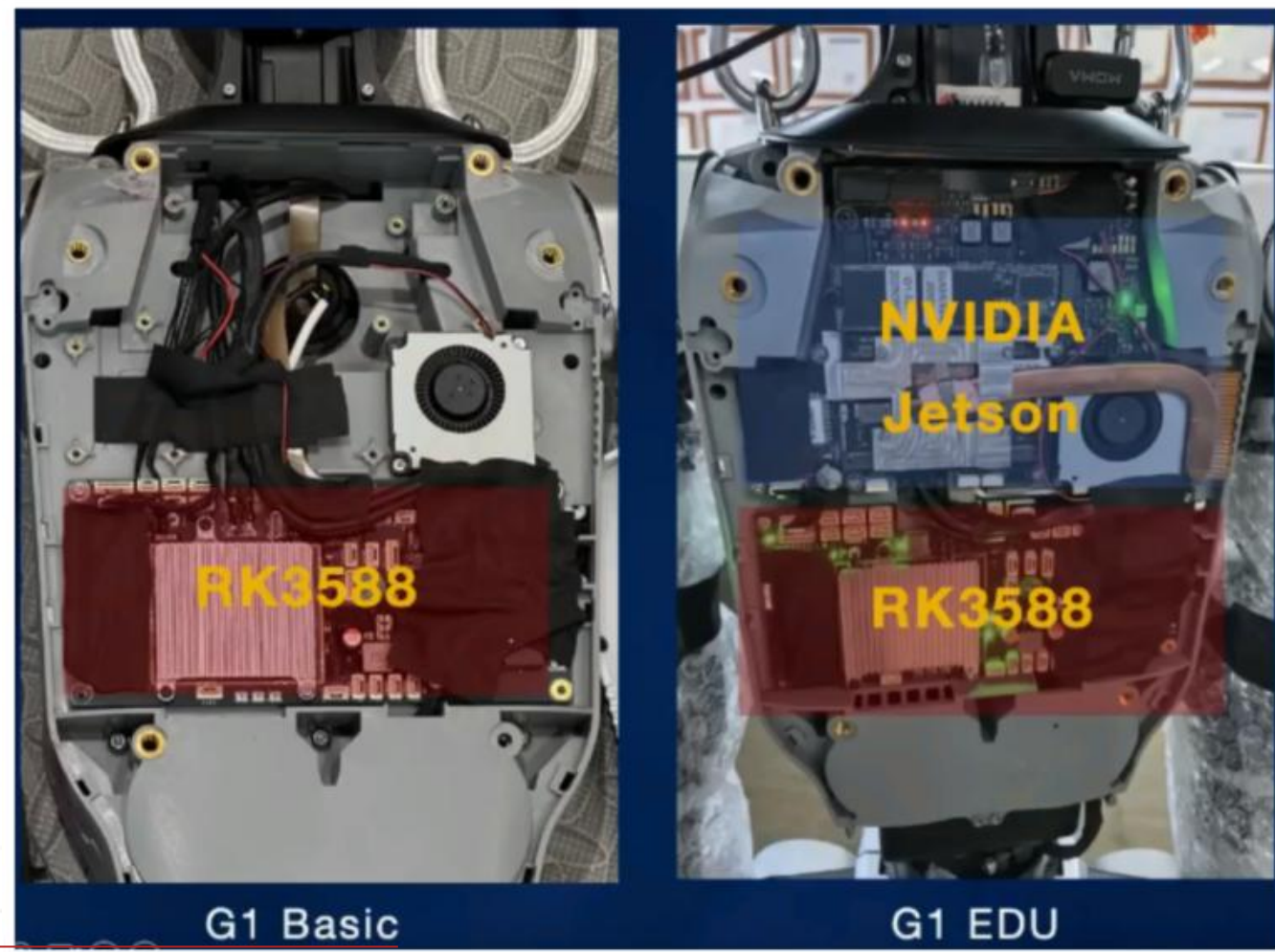
3.4 控制系统

- 主控板：EDU版本和低配的差别
- EDU 版（高配版）额外搭载了一块 Nvidia Jetson Orin NX 以提供100Tops的边缘 AI 算力。

图表21：EDU版本配备Nvidia Jetson Orin NX 芯片

参数	开发计算单元（PC2）
型号	Jetson Orin NX
CPU	Arm® Cortex® -A78AE
内核数	8
线程数	8
最大睿频频率	2GHz
显存	16G
内存	16G
缓存	2MB L2 + 4MB L3
存储	2T
英特尔® 图像处理单元	6.0
GPU	搭载 32 个 Tensor Core 的 1024 核 NVIDIA Ampere 架构 GPU

图表22：主控板：EDU版本和低配的差别示意图



3.4 控制系统

- 遥控器
- 100+米传输距离，蓝牙连接，4.5小时续航，可拉伸放置手机作为监控屏（需安装应用）。

图表23：遥控器



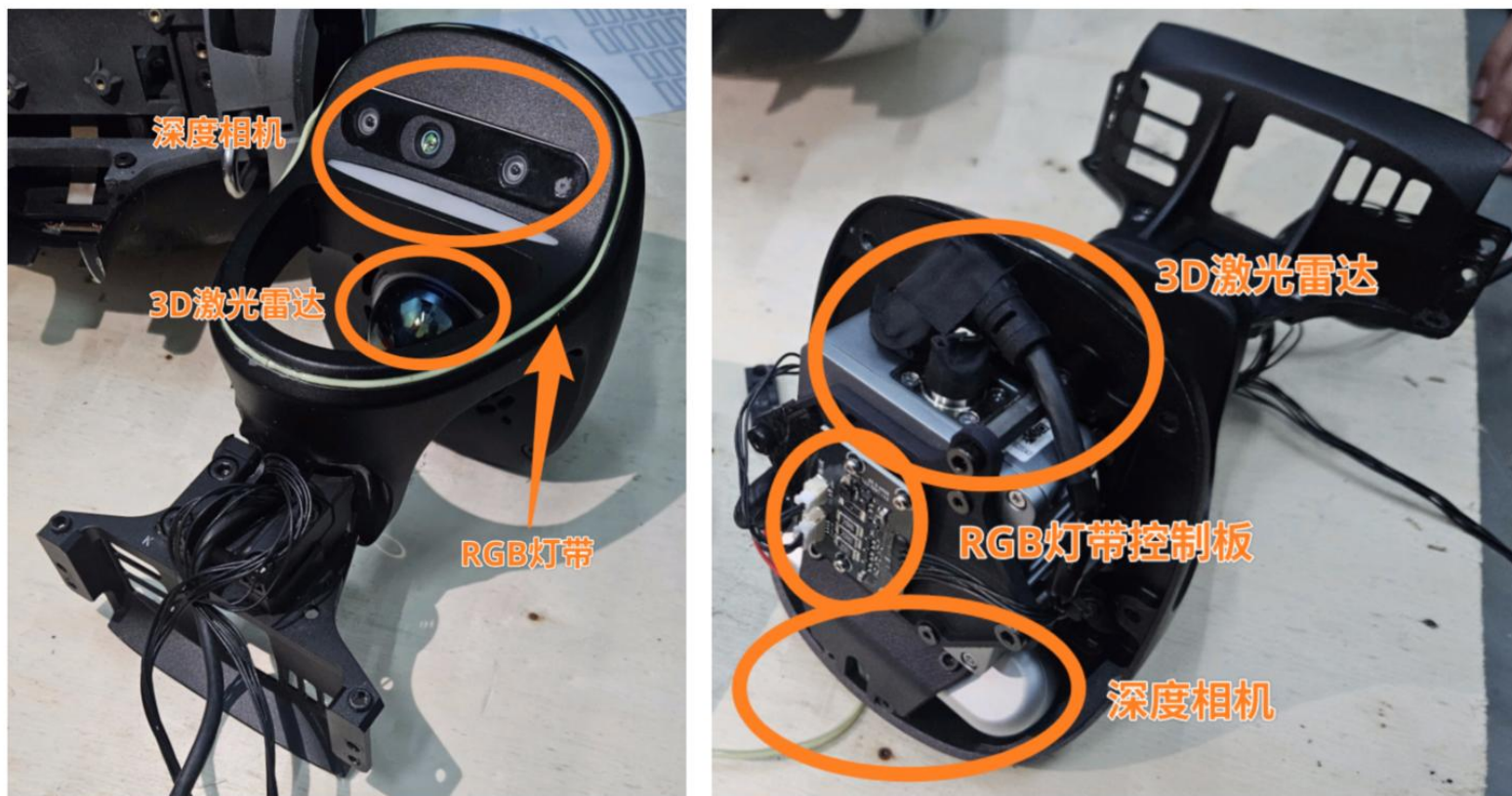
资料来源：宇树科技

请参阅附注免责声明

3.5 感知系统

- 宇树 G1 人形机器人头部搭载LIVOX-MID360 3D 激光雷达与Intel RealSense D435i 深度相机的双感知组合：

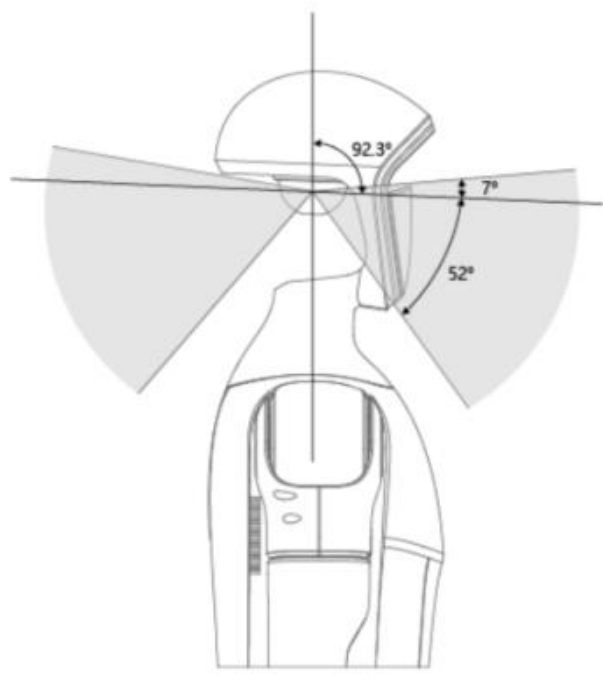
图表24：头部传感器



3.5 感知系统

- 大疆MID360 激光雷达
- 实现水平 360°、垂直最大 59° 的全向覆盖，可输出高精度点云数据，支撑实时 SLAM 建图、远距离障碍物检测与环境三维重构；

图表25：头部激光雷达



产品尺寸及基本参数

产品名称	觅道 Mid-360
激光波长	905 nm
人眼安全级别	Class 1 (IEC 60825-1:2014) 人眼安全
量程(@100 klx)	40 m @10%反射率 70 m @80%反射率
近处盲区	≤10 cm
FOV	360°×59°
测距随机误差(1σ)	≤2 cm(@10 m); ≤3 cm(@0.2 m)
角度随机误差(1σ)	0.15°
点云输出	200,000点/秒
点云帧率	10 Hz(典型值)
抗串扰功能	有
数据网口	100 BASE-TX以太网
数据同步方式	IEEE 1588-2008 (PTP v2), PPS(秒脉冲), GPS(PPS+UTC)
虚警率(@100 klx)	<0.01%



工作环境温度	-20°C至55°C
存储环境温度	-40°C至85°C
防护级别	IP67
功率	7W
供电电压范围	9~27VDC
尺寸	65×65×60 mm
重量	约265g

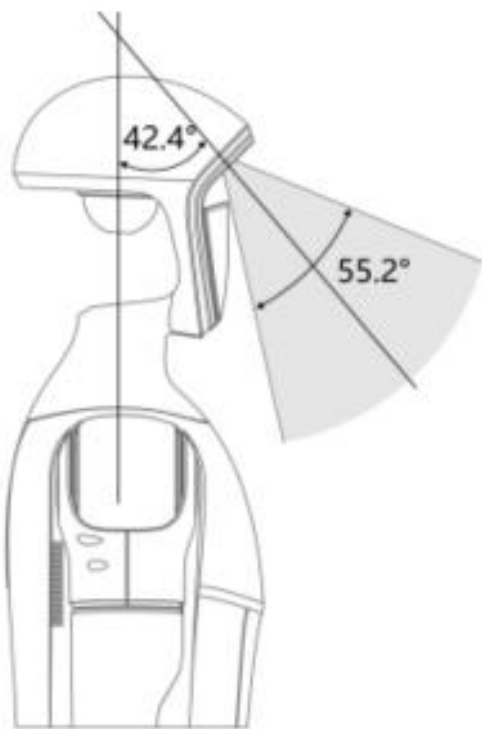
资料来源：宇树科技，京东商城

请参阅附注免责声明

3.5 感知系统

- 头部深度相机
- 英特尔D435i 深度相机则提供高帧率彩色 + 深度视觉信息，补全近距离细节感知与视觉定位能力，二者视场互补，共同构建了机器人的“环境感知中枢”，为自主导航、动态避障、人机交互与具身智能任务提供了核心硬件支撑。

图表26：头部深度相机



D435i参数

工作环境	室内 / 室外
ZUI小深度距离 (Min-Z)	10cm
深度误差<2%	2m
深度图像分辨率	1280x720 @ 30fps 848x480 @ 90fps
深度视场角 / 快门	86°x57°/全局快门
彩色图像 / 快门	2MP/64°x41° / 卷帘快门
IMU	是
产品尺寸 (毫米)	90x25x25

资料来源：宇树科技，京东是商城

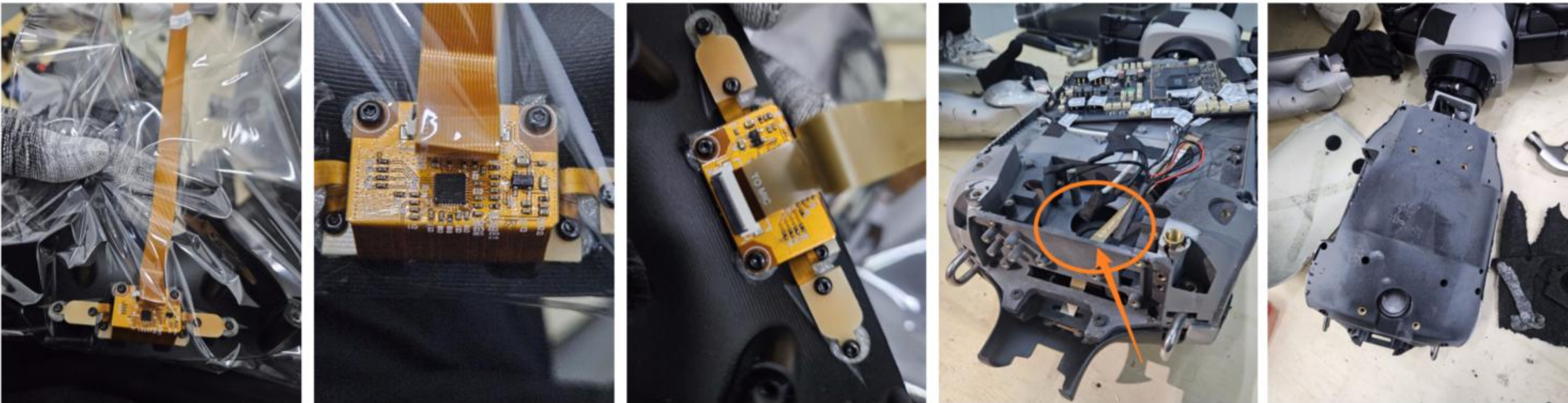
请参阅附注免责声明

3.5 感知系统

■ 传感器与扬声器

- 搭载准线性四硅麦阵列（麦克风间距 20mm）与峰值 5W扬声器的音频交互系统，二者协同构建了机器人的“听觉 - 发声”交互中枢，为自然语音对话、声控指令执行、人机交互场景提供了硬件支撑，同时支持二次开发适配多模态 AI 交互需求。

图表27：四麦克风阵列与5W扬声器



资料来源：中邮证券研究所

请参阅附注免责声明

3.5 感知系统

■ 感知层:

激光雷达和深度相机实时采集环境的三维点云与深度图像。为保证高带宽和低延迟，这些视觉数据不走 CAN 总线，而是通过独立高速串口或 USB 直接传至主控板。

■ 决策层:

RK3588 (或 Orin NX) 运行深度强化学习 (RL) 算法及宇树的 RobotWorld Model (机器人世界模型)，执行复杂的步态规划、平衡计算与避障决策大模型技术。

■ 执行层:

主控计算出目标关节角度与扭矩后，通过 CAN 高低线以菊花链形式高频下发至各肢体关节。各电机驱动板基于双编码器闭环反馈，完成毫秒级的精准控制动作。

3.6 线束设计

- **电机线束布局：**将动力线缆、信号线束全部集成于关节轴内部的中空通道，单只手臂或腿部的电机以串联形式相连。完全规避了外部走线的磨损、缠绕与干涉风险；保障多自由度关节全范围灵活运动的同时，大幅提升了整机结构的紧凑性与可靠性，降低了长期运行的维护成本。

图表28：关节表面线束示意图



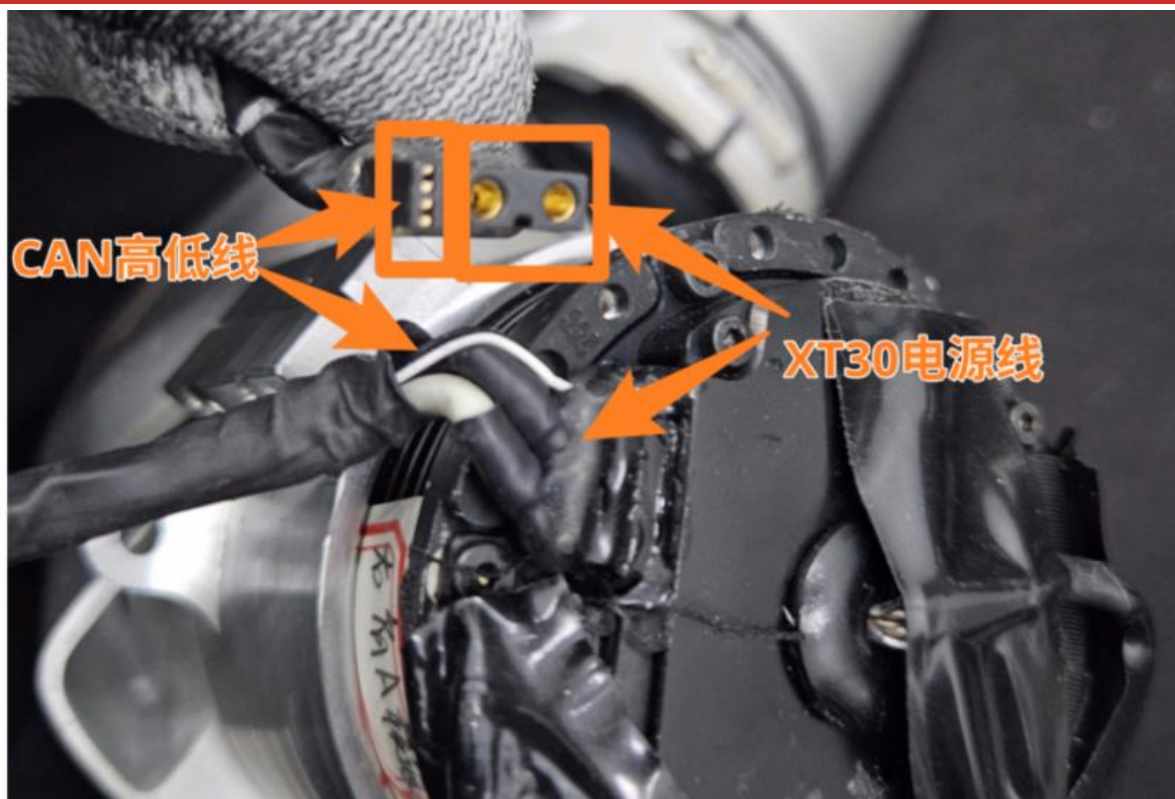
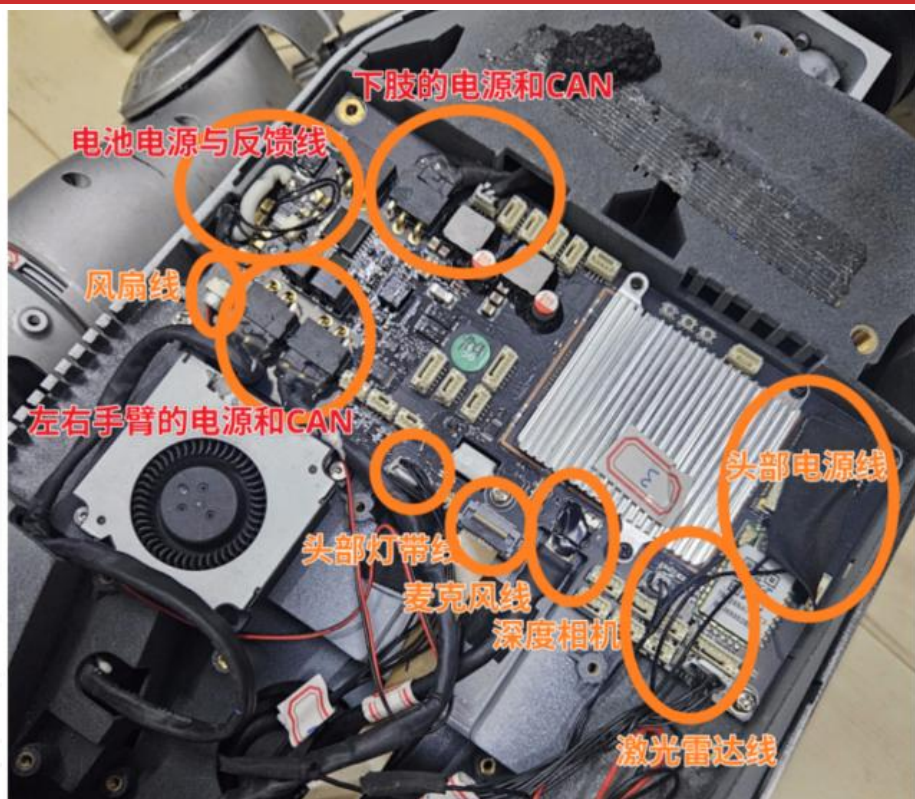
图表29：关节间线束连接示意图



3.6 线束设计

- 接口与连接线束
- 以躯干主控板为核心，通过关节采用标准化 CAN 总线与 XT30 电源接口，实现全身各关节的信号布线，配合关节中空走线设计，兼顾了高可靠性、可维护性与结构紧凑性。

图表30：电源线与信号线连接方式



3.6 线束设计

- 宇树 G1 人形机器人头部线束
- 搭载独立 MCU 控制板，通过高速差分信号传输线实现激光雷达、深度相机等感知模块与躯干主控系统的低延迟、高可靠数据交互，保障多传感器信息的实时同步与精准传输。

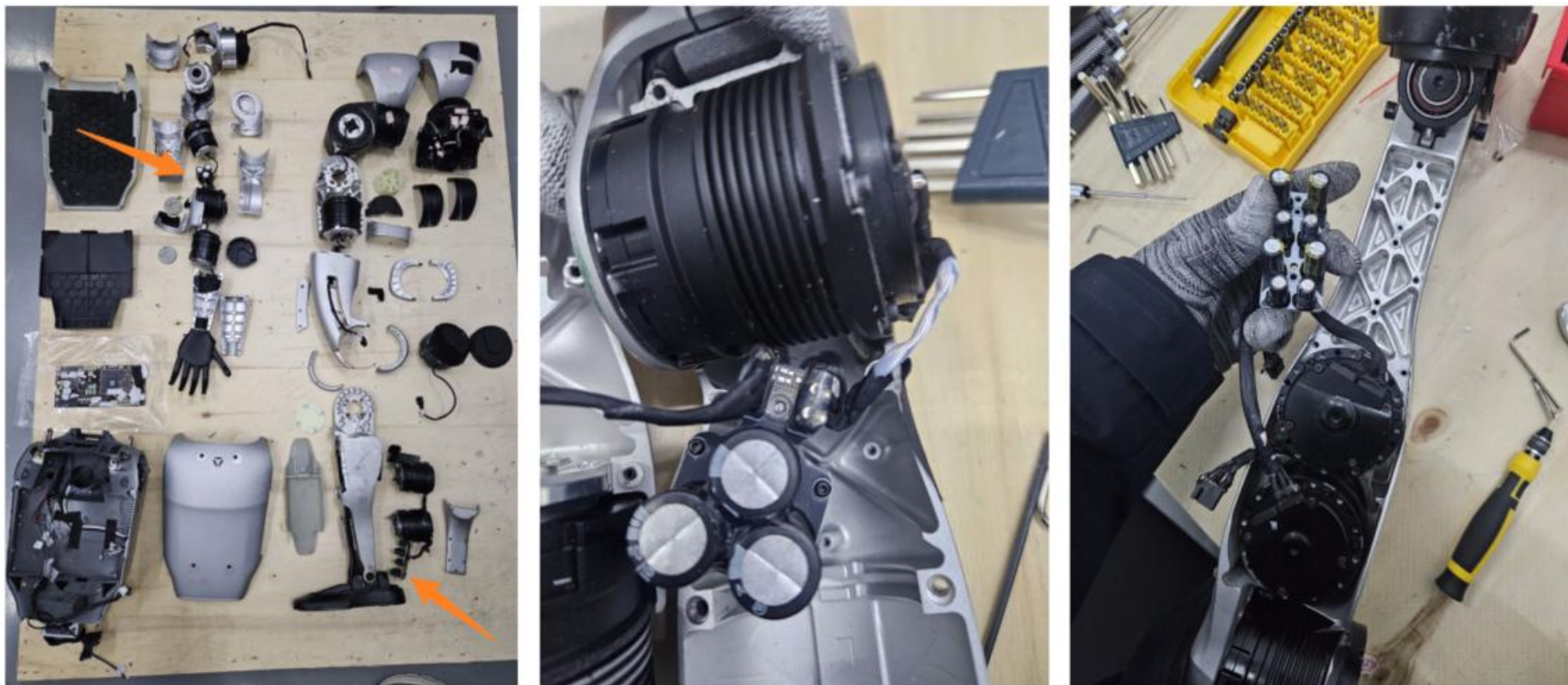
图表31：头部线束连接



3.6 线束设计

- 末端电容缓冲：
- 在手臂、腿部末端关节供电端设计了分布式电容缓冲网络，可有效平抑高动态运动引发的电压尖峰，保障末端部件供电稳定可靠。

图表32：线束电容缓冲



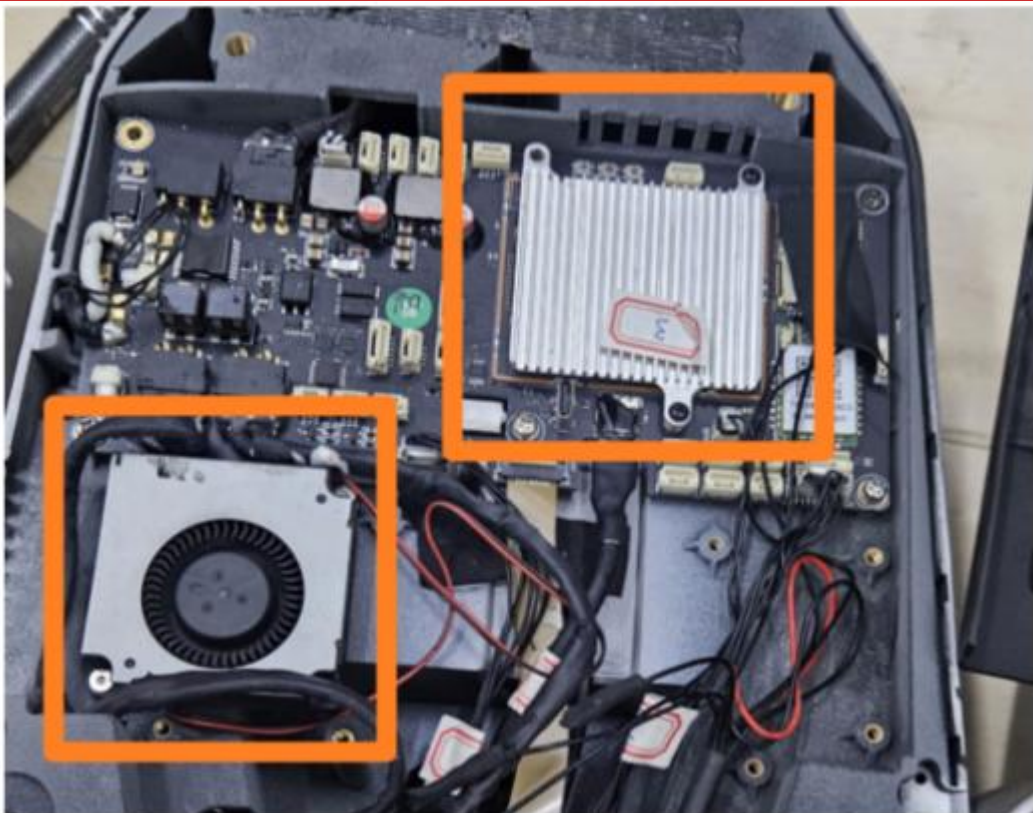
资料来源：中邮证券研究所

请参阅附注免责声明

3.7 热管理

- 主控板散热设计
- 基础版主板 SoC 依靠大面积铝制散热片+风扇进行被动散热。

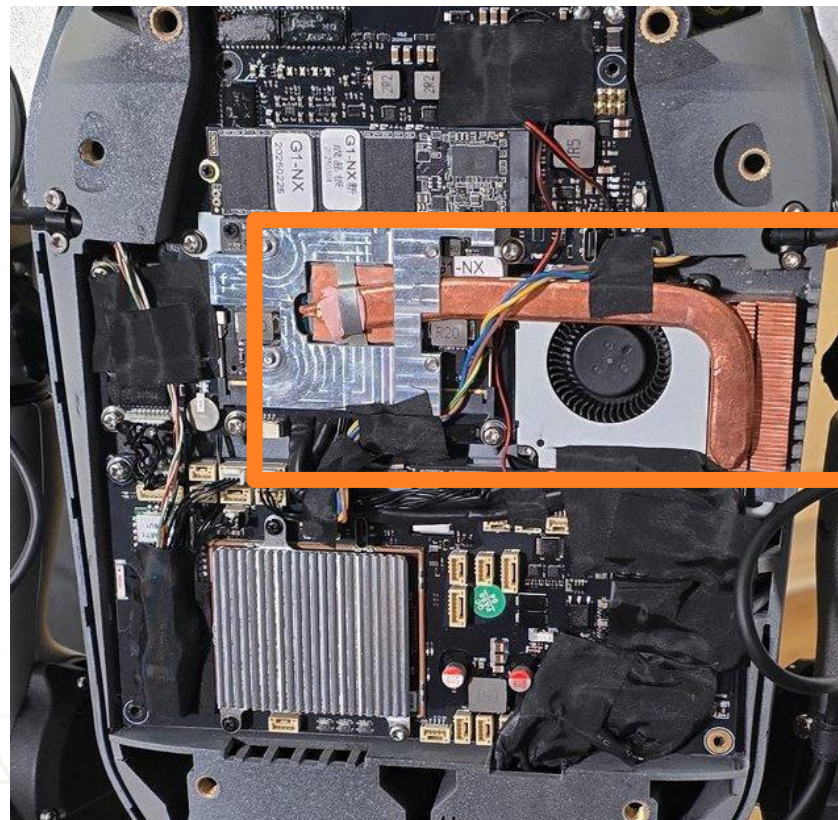
图表33: G1 基础版主控散热



资料来源：中邮证券研究所
请参阅附注免责声明

- EDU版本主控板添加了VC均热板

图表34: G1 EDU版主控散热



资料来源：中邮证券研究所

3.7 热管理

- 膝关节散热
- 宇树 G1 人形机器人膝关节采用铜质均热片 + 结构一体化散热设计，通过高导热铜带将关节模组热量快速导出至机身结构件，实现被动散热。

图表35：膝部关节采用VC均热板散热方案



3.7 热管理

- 腰部关节散热
- 宇树 G1 人形机器人腰关节模组内置小型离心风机，通过主动风冷散热快速带走电机与驱动电路的工作热量，保障高负载、高动态运动下关节的持续稳定运行。

图表36：腰关节配备主动式抽风散热风扇



资料来源：中邮证券研究所

请参阅附注免责声明

3.7 热管理

- **温控模块**
- 机器人内部设置了严密的温度监测网络。主控 SoC 和电池 BMS 内部均自带 NTC 热敏电阻，实时监控整机核心温度以防范热失控。
- 当高负载关节（如承受 90N·m 扭矩的膝关节）持续运行导致电机内部或驱动板温度越过安全阈值时，系统会主动触发 Thermal Derating（降额限流）保护策略，并联动风扇全速运转或依靠 VC 均热板快速散出积热，确保电机磁钢不退磁、主板不烧毁。

3.8 轻量化

- **小腿处小关节质量525g。**
- **电机137.2g：**考虑到电机已经技术成熟，优化空间小。
- **减速器155.2g：**技术成熟，优化空间小。
- **控制板：**12.8g，基本没有减重空间
- **外壳：**79.3g，材质铝，换成镁铝合金可减重30%。
- **端盖：**23.7g，材质铝，换成镁铝合金可减重30%。
- **输出轴法兰：**50.8g，材质钢，与小腿连杆连接，此处需要承受跑跳、急停、空翻等高动态冲击载荷，换成钛合金可减重35%。
- **总结：**
 1. 外壳和端盖换成镁合金，输出轴法兰换成钛合金，可减重48.7g，占关节总质量9%，减重空间有限。
 2. 单个小关节质量525g，大关节质量1100g，全身14个小关节、9个大关节，总共17250g，质量占比49%。

图表37：小关节核心零件质量及材质

关节零件	质量/g	材质
电机定子	94.3	铜线+包胶
电机转子	42.9	磁钢
磁钢座	16.9	铝+塑料轴承
一级减速器太阳轮	8	钢
一级减速器（行星轮+保持架+二级太阳轮）	25.3	钢
一级减速器（外齿圈）	24.1	钢
二级减速器（行星轮+保持架+交叉滚子轴承）	74	保持架为铝，其余为钢
二级减速器外齿圈	23.8	钢
控制板	12.8	PCB
小轴承2个	11	钢
外壳	79.3	铝（可优化）
端盖2个	23.7	铝（可优化）
输出轴法兰	50.8	钢
其他	38.1	
总计	525	

3.8 轻量化

- 躯干采用全塑料件大幅减重。工程塑料（ABS/PA）和硅胶材质的外壳不仅进一步压低了整机重量，还提供了优秀的柔性缓冲，有效抵抗跌落与常见物理碰撞冲击。
- 四肢核心承力部件（如大腿、小腿的铝合金连杆）运用了大量菱形镂空与拓扑优化设计。高强度铝合金骨架在最大程度降低重量的同时，保证了应对高扭矩输出（如膝关节起跳时）的结构刚度。

图表38：四肢采用菱形镂空设计



图表39：躯干大面积采用工程塑料



3.8 轻量化

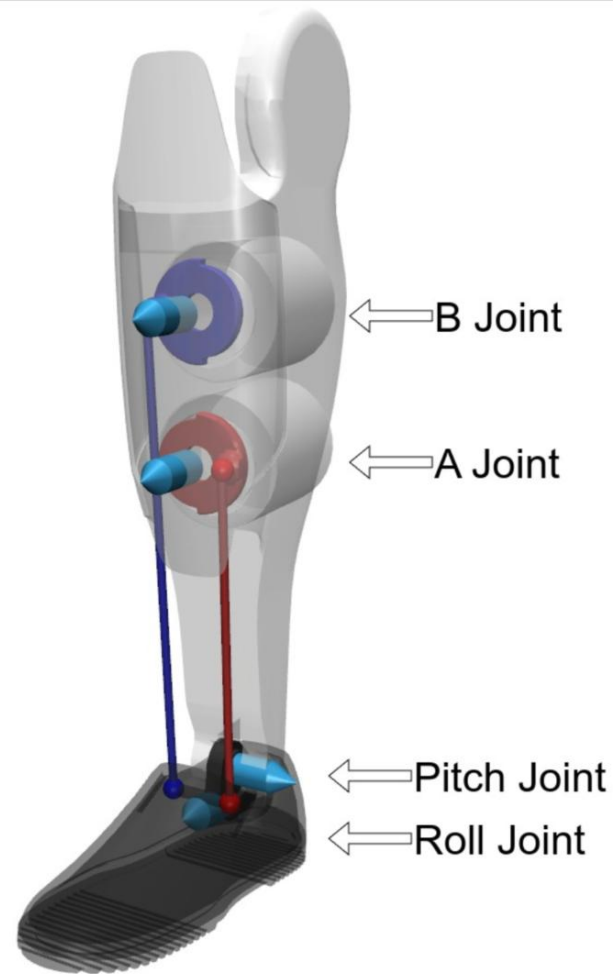
- 小腿连杆：身体中唯一采用钢材质结构件。
- 其余结构件：都是铝材质，大幅降低整机惯量，在可靠性、轻量化与成本间实现最优平衡。
- 小腿作为下肢末端核心承重结构，需承受跑跳等高动态冲击，钢材的高刚度、高抗疲劳性可保障结构稳定与定位精度。

图表40：小腿连杆实物图



资料来源：中邮证券研究所

图表41：小腿连杆示意图



资料来源：宇树科技

四

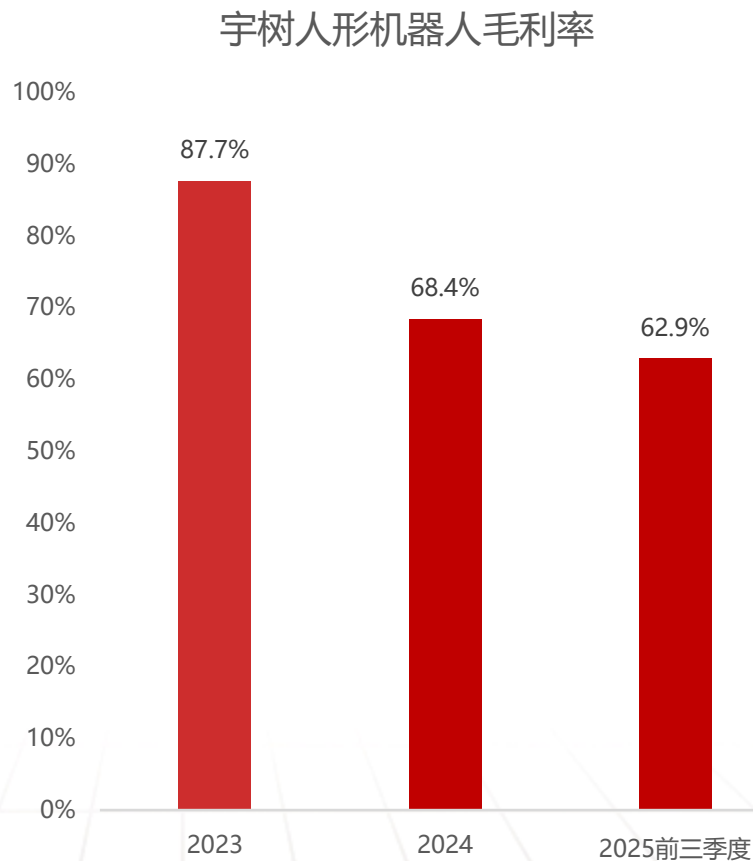
总结

- 4.1 优秀的成本控制能力
- 4.2 优秀的轻量化设计
- 4.3 保守的热管理设计
- 4.4 有限的末端负载能力
- 4.5 工业人形亟需直线关节方案
- 4.6 硬件无壁垒，软件定胜负

4.1 优秀的成本控制能力

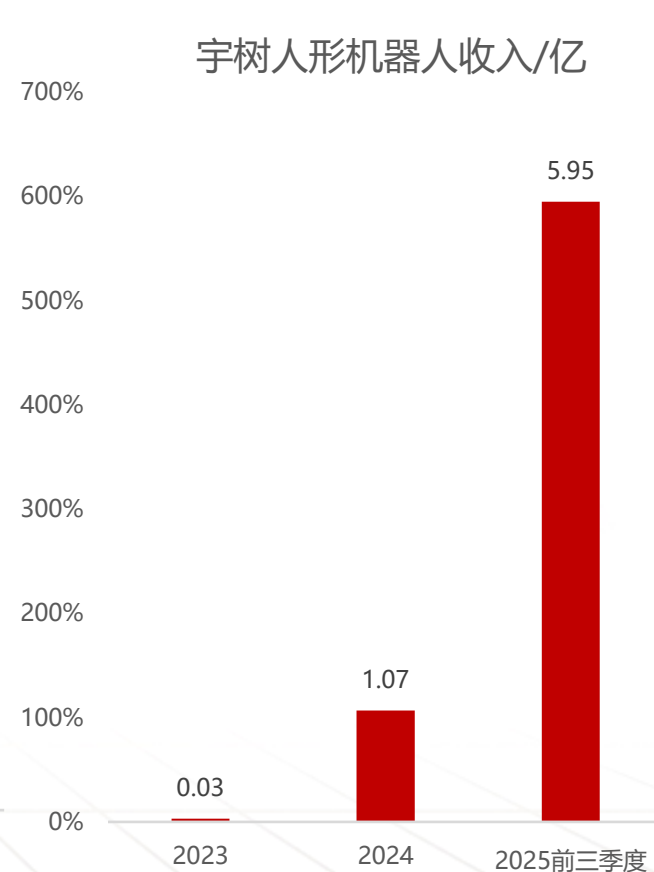
- 从盈利端看，公司毛利率始终维持在极高水平：2023 年高达 87.7%，2024 年为 68.4%，2025 年前三季度虽随量产规模扩大略有回落，但仍保持 62.9% 的超高水平。
- 从收入端看，宇树人形机器人业务实现爆发式增长：2023 年营收仅 0.03 亿元，2024 年快速攀升至 1.07 亿元，2025 年前三季度进一步增至 5.95 亿元。
- 宇树科技凭借核心零部件全栈自研、产业链垂直整合的能力，叠加规模化量产与精益供应链管理，构建了行业领先的成本控制体系。

图表42：宇树人形机器人毛利率



资料来源：ifind

图表43：宇树人形机器人收入/亿元



资料来源：ifind

4.1 优秀的成本控制能力

- G1的高毛利率和R1的超低售价都证明了宇树优秀的成本控制能力。
- 宇树 Unitree R1 是 2025 年 7 月发布的消费级双足人形机器人，售价仅 2.99 万元起，整机重量约 25kg，站立高度 1.23米，配备 20~40 个关节。
- R1 能以远低于行业同类产品的价格推向市场，核心源于宇树全栈自研的技术体系与极致成本控制能力：从关节电机、减速器到核心算法均实现自主研发，叠加模块化设计、规模化量产与供应链精益管理，大幅摊薄单位制造成本。

图表44：宇树新款机器人R1售价

型号 售价 (含税)	R1 AIR ¥2.99万元	R1 ¥3.99万元	R1 EDU 联系销售
高宽厚 (站立)	1230x357x190mm	1230x357x190mm	1230x357x190mm
整机重量	约 27kg	约 29kg	约 29kg
自由度 (关节电机数)	20	26	26-40

资料来源：宇树科技

图表45：宇树新款机器人R1示意图

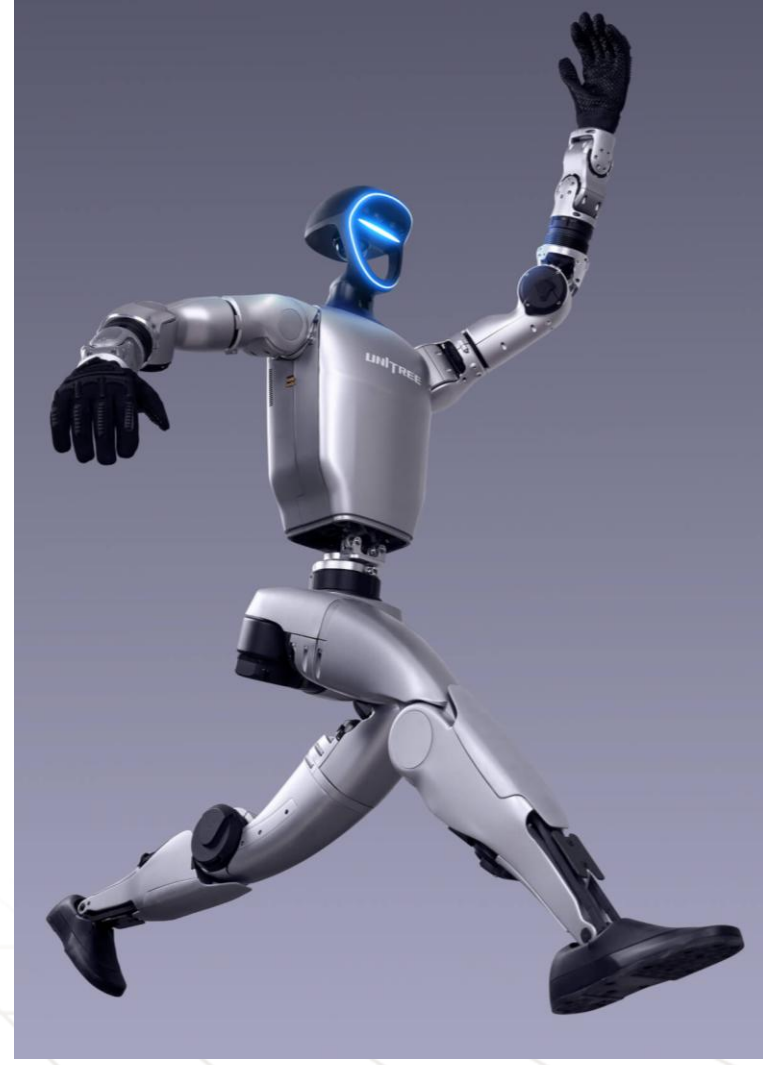


资料来源：宇树科技

4.2 优秀的轻量化设计

- **G1 拥有优秀的轻量化设计，质量仅35kg。**
- 宇树在关节内部与机身结构件的轻量化已做到行业顶尖水平。关节模组采用“电机 - 减速器 - 编码器 - 驱动板”高度集成 + 中空轴走线，取消冗余壳体与外挂结构，大幅缩减体积与重量；
- 非承重结构件、包覆件大量采用塑料+铝合金材质，在保证刚性与散热的前提下进一步减重。
- 承重结构件以轻量化铝合金为主，仅在小腿连杆等关键受力点少量用钢，通过拓扑优化与集成设计消除多余重量。
- R1 整机控制在约 27~29kg、G1约35kg，关节惯量低、响应更快，既支撑高动态运动，又实现了极致轻量化与工程化平衡。

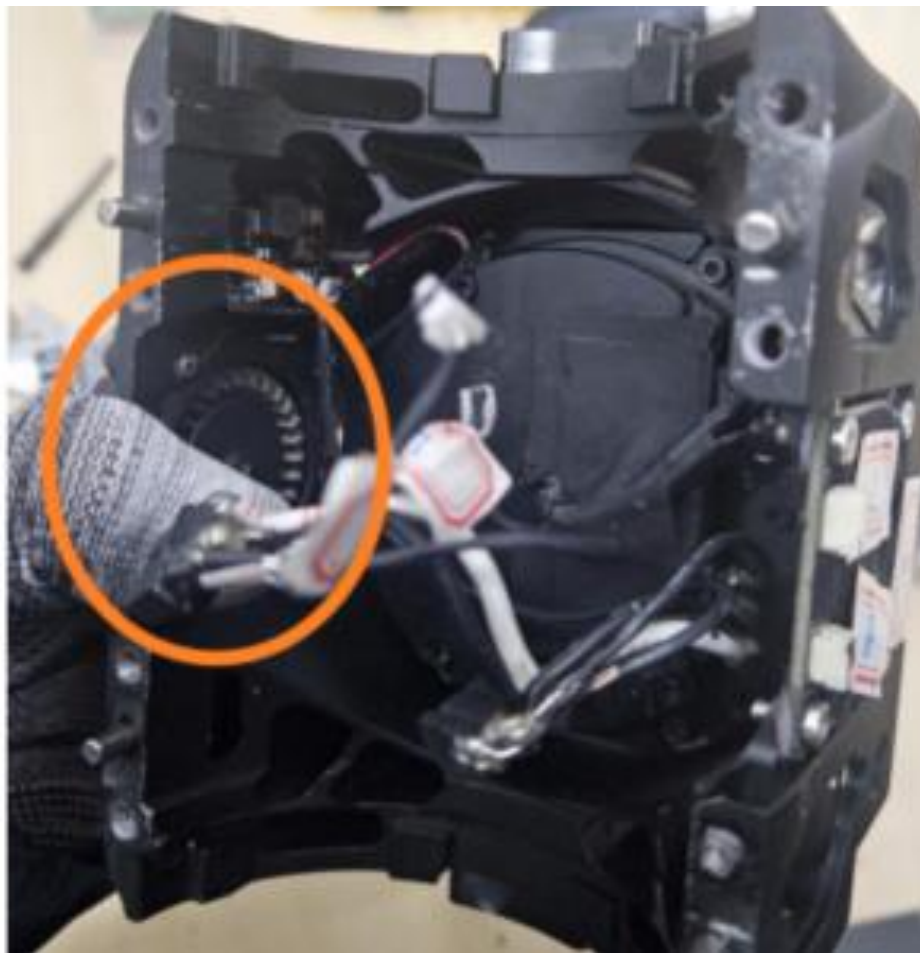
图表46：宇树G1侧视图



4.3 保守的热管理设计

- **G1 的热管理设计相对保守。**
- 宇树G1 连续工作时长仅约**1-2小时**，高负载工况下关节电机易出现温升过热，需停机降温才能恢复运行。
- 电池有效续航也仅**1~2h**，与电机有效工作时长基本持平。
- 反映出其热管理设计偏向保守克制。
- 在轻量化、成本控制与散热能力之间优先选择了轻量化与低成本路线，符合宇树G1商演租赁、科研教育市场的定位。

图表47：腰部散热风扇



图表48：膝部散热管



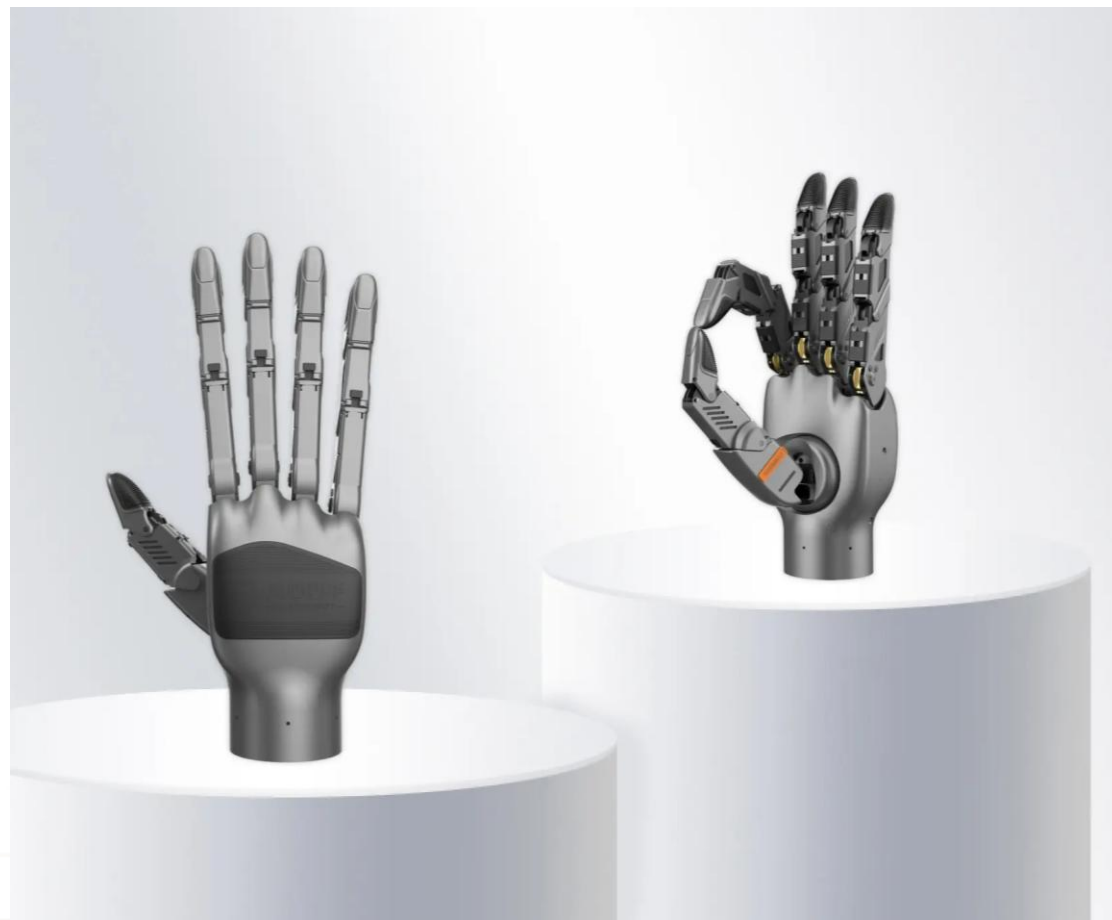
4.4 有限的末端负载能力

- **G1 的有限的末端负载能力。**
- 宇树 G1 自重 35kg，但 单臂 / 单手最大负载仅 2kg，末端负载能力有限，限制了工业实用性。
- 部分高自由度的灵巧手自重超过1kg，例如Linker Hand L30，拥有21个自由度，单手自重1.2kg，最大负载20kg。

图表49：灵心巧手Linker Hand L30参数

自由度	21
关节数	21
传动方式	电机
重量	1200g
最大负载	20kg

图表50：灵心巧手Linker Hand L30实物图



4.5 工业人形亟需直线关节方案

- 从宇树人形机器人仅约 2kg 的有限末端负载能力可以清晰看出，在人形机器人本体架构下，纯旋转关节方案存在明显性能瓶颈，而直线关节将成为人形机器人走向工业场景的必备核心部件。
- 不同于传统工业机械臂可依靠大体积、大惯量旋转关节实现重载，人形机器人受限于人形构型、轻量化与整机自重约束，传统旋转关节在扭矩密度、刚性、热管理及持续出力能力上难以满足工业级负载需求。
- 直线关节凭借更高推力密度、更好刚性与静态自锁特性，能在不显著增加自重的前提下大幅提升末端负载与作业稳定性，更贴合人形机器人的结构特点与工业场景的连续重载要求，也由此成为人形机器人真正实现工业化落地的关键技术方向。

图表51：行星滚柱丝杠



4.6 硬件无壁垒，软件定胜负

- **硬件无壁垒：**我们对宇树人形机器人的深度拆解显示，其核心硬件均为行业内可采购、可量产的成熟器件，单一硬件本身并不具备极高的技术壁垒；
- **软件定胜负：**恰恰是在通用硬件平台之上，宇树凭借自研的顶尖运控算法，实现了远超行业平均水平的高动态运动性能、稳定行走与复杂场景适配能力，充分印证了公司在软件算法层面的核心竞争力，以及“以算法赋能硬件、用极致优化实现降本增效”的差异化技术路线。

图表52：宇树机器人春晚图



拆解机器人后感想

- **拆解后对宇树机器人的设计思路有了更清晰的认知：**所有设计目标是在1~2h内稳定完成有爆发力的高动态运控，基于此设计了低重心，低身高，低负载框架，电池和热管理都仅能支持1~2h。选择低惯量高速永磁同步电机+低成本高耐冲击的二级行星减速器方案，保证低成本、高爆发力、高耐冲击性，支持整机完成各种高难度复杂动作。保持有性价比的售价，同时设计了丰富的SKU，满足不同客户的需求。
- **G1的精准取舍：**G1精准卡位商业租赁+教育科研市场，获得了巨大的商业成功。G1的设计也同时也不契合高负载、高精度、连续作业的工业场景需求，预期将来宇树有其他型号填补这块市场。
- **机器人轻量化难度大：**G1仅35kg，是市场上比较轻的机器人，但在实际搬运中依然吃力，而且这是建立在G1优秀的轻量化+手臂负载2kg+身高1.32m的基础上，关节模组占G1质量的49%，后续继续减重的难度大，预计未来全尺寸双足工业人形机器人将普遍达到50~60kg，关节内的轻量化非常重要，依赖新材料的开发。
- **直线关节是未来工业人形更优解：**受限于人形构型、轻量化与整机自重约束，传统旋转关节在扭矩密度、刚性、热管理及持续出力能力上难以满足工业级负载需求，直线关节是更优解。
- **运控是宇树的核心壁垒之一：**宇树G1核心硬件均为行业内可采购、可量产的成熟器件，单一硬件本身并不具备较高的技术壁垒；宇树凭借自研的顶尖运控算法，实现了远超行业平均水平的高动态运动性能。

风险提示

- **风险提示：**人形机器人产业化不及预期，技术路线不确定风险，行业竞争加剧风险，商业化落地不及预期，技术进步不及预期等。