证券研究报告 行业深度报告

华鑫证券 CHINA FORTUNE SECURITIES

精密减速器——国产需求旺盛，人形机器人打开市场空间

汽车行业深度报告

投资评级：推荐 （维持）

报告日期： 2026年09月11日

- **分析师：林子健**
- SAC编号：S1050523090001

研究创造价值

谐波减速器市场空间广阔，占据机器人精密减速器主导地位

减速器是动力传动核心装置，受益于下游机器人需求市场规模快速增长。 减速器作为连接动力源与执行机构的中间装置，通过内部齿轮、蜗杆等传动机构，将高转速、低转矩的输入转换为低转速、高转矩的输出，同时提升传动精度与负载能力。其中回程间隙小、传动精度高的精密减速器技术壁垒较高、市场需求旺盛，按结构可分为谐波、行星、RV三大类。

- **谐波：**具备高减速比、高精度、零背隙、体积小等优势，但寿命、效率与负载能力偏弱，是人形机器人旋转关节的核心选择，目前**特斯拉Optimus、智元A1/A2及优必选Walker等**已采用谐波减速器方案。
- **行星：**结构紧凑、承载能力强、传动效率高，但难以满足超高精密需求，广泛应用于轻载机械臂及对成本效益和运行效率有较高要求的自动化设备，目前**宇树G1/A1及灵巧手微型电机等**已采用行星减速器方案。
- **RV：**负载能力与抗冲击性能强，但结构复杂、体积重量大、成本较高，目前主要应用于**工业机器人及机械臂等场景。**

得益于机器人行业的快速扩张，整体减速器市场持续增长。据来福谐波测算，**2025年中国机器人领域精密减速器市场规模约为35亿元，2030年有望达到231亿元，CAGR为45.9%。其中，2025年中国机器人领域的谐波减速器/行星减速器/RV减速器市场规模分别为13/6/16亿元，2030年分别有望达到134/62/35亿元，CAGR分别为59.8%/59.2%/17.1%。**我们认为，**未来人形机器人减速器将仍以谐波、行星减速器或融合方案为主流技术路线。**

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

多重因素铸就产品性能壁垒，国产替代进程加速发展

谐波减速器凭借轻量化、精度高、零背隙等优势适用于人形机器人旋转关节。日系厂商如哈默纳科等依托齿形设计、工艺、设备等优势夯实核心壁垒，国内厂商如绿的谐波、来福谐波等不断进行技术迭代，加之海外龙头企业扩产幅度放缓，国产替代进程持续加速。

齿形设计：哈默纳科凭借S齿形与IH齿形专利墙封锁路径，后进入者必须开发全新方案。**绿的谐波自主研发P型齿形，叠加三次谐波、材料改性等核心技术成为国内唯一、全球第二套自主方案；而来福谐波则以δ齿形实现应力优化与寿命提升，定位精度位居中国第二、全球第三。**

加工工艺：主流厂商正从慢走丝拓展至滚齿、插齿、车齿等高效工艺。其中，**来福谐波通过滚齿及自研车齿工艺将核心部件加工时长压缩85%，兼顾精度与规模化量产效率。**

设备及产能：（1）设备方面，**关键环节高端设备仍以日德品牌主导，**绿的谐波通过子公司矩阵自研控制、加工与检测全链条设备，而以来福谐波为代表的其他厂商则主要采购中日成熟设备。（2）产能方面，哈默纳科预计2026年扩产至347万台，**扩产节奏相对保守，难以匹配全球人形机器人放量需求；**而绿的谐波2025年底产能约79万台，在建项目投产后将新增100万台谐波减速器产能；2025年底，来福谐波的谐波减速器年产能约32万台，扩产后计划年产能达80万台。**国产龙头有望抢占减速器增量市场，随着高附加值人形机器人减速器及一体化模组出货占比提升，国产品牌毛利率有望进入上行通道。**

传统谐波仍然存在短板，新型减速器迎来产业化窗口期

柔轮疲劳与抗冲击不足成固有痛点，新型减速器开辟技术演进路径。 谐波减速器依靠柔轮弹性形变实现传动，柔轮柔性上限不足，遭遇碰撞冲击易产生裂纹，动态负载下刚性不足且传动稳定性受限，难以适配人形机器人行走、跌倒等高频冲击场景。为此，业内技术路线持续更新迭代，例如：**（1）谐波结构迭代：**双刚轮谐波减速器通过轴向双刚轮布局优化啮合受力，提升承载与抗冲击能力，可依托成熟产业链快速落地量产；**（2）新型结构设计：**星轮减速器采用多齿啮合设计，规避柔轮疲劳失效难题，兼顾高扭矩密度、抗冲击与轻量化潜力，有望同时满足大、小型机器人关节的多场景替代需求。

推荐关注标的

（1）绿的谐波：国内谐波减速器龙头企业，主营业务稳步增长；**（2）来福谐波：**国内谐波减速器领先厂商，持续加码人形机器人领域；**（3）科达利：**主业稳健增长，减速器+关节模组培育第二成长曲线；**（4）斯菱智驱：**以汽车轴承主业为基石，向机器人减速器领域延伸；**（5）光洋股份：**汽车轴承小巨人，业务延伸至人形机器人；**（6）科峰智能：**聚焦精密行星减速器，拓展机器人核心部件；**（7）中大力德：**深耕精密传动领域，完善机器人核心部件布局；**（8）飞亚达：**收购长空齿轮，切入精密减速器行业；**（9）双环传动：**聚焦精密传动齿轮，RV减速器市占率国内第二；**（10）凯迪股份：**线性驱动行业领导厂商，布局机器人领域；

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

重点关注公司及盈利预测

华鑫证券 CHINA FORTUNE SECURITIES

公司代码	名称	2026-09-11 股价	EPS			PE			投资评级
			2025	2026E	2027E	2025	2026E	2027E	
688017.SH	绿的谐波	285.08	0.68	1.05	1.54	419.24	271.50	185.12	暂未评级
3952.HK	来福谐波	51.50	-1.95	-0.72	0.57	-26.41	-71.53	90.35	暂未评级
002850.SZ	科达利	170.34	6.42	8.07	10.63	26.53	21.11	16.02	暂未评级
002896.SZ	中大力德	61.32	0.32	0.44	0.52	191.63	139.36	117.92	暂未评级
301550.SZ	斯菱智驱	92.90	0.75	0.54	0.66	123.87	172.04	140.76	暂未评级
002472.SZ	双环传动	36.27	1.48	1.69	1.97	24.51	21.46	18.41	暂未评级
605288.SH	凯迪股份	64.28	0.86	1.15	1.33	74.74	55.90	48.33	买入
000026.SZ	飞亚达	19.15	0.22	0.52	0.61	87.05	36.83	31.39	买入
002708.SZ	光洋股份	16.41	0.18	0.27	0.37	91.17	60.78	44.35	暂未评级

资料来源： （绿的谐波、来福谐波、科达利、中大力德、斯菱智驱、双环传动、光洋股份盈利预测来自 一致预期，来福谐波股价单位为港元），华鑫证券研究

1、产业生产和需求不及预期

2、地缘政治风险

3、新业务进展不及预期

4、原材料价格上涨风险

5、项目进度低于预期风险

6、汇率波动风险

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

目 录

CONTENTS

1. 机器人旋转关节的核心，起减速增扭作用

2.多重壁垒构筑核心护城河，新型减速器有望解决行业痛点

3. 推荐关注标的

01 机器人旋转关节的核心，起减速增扭作用

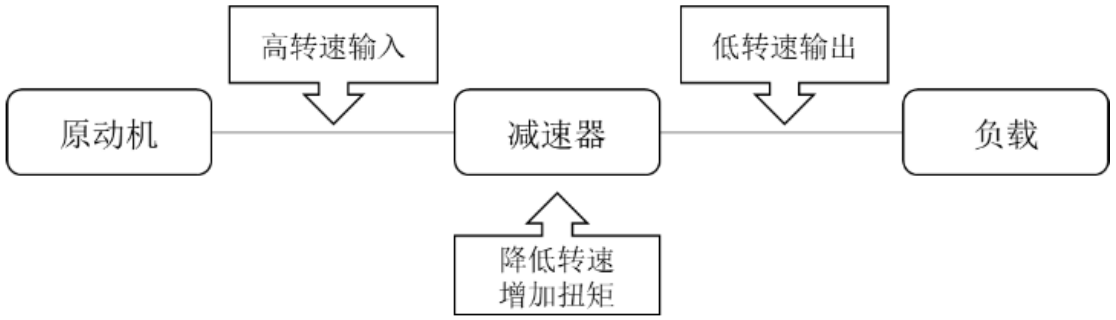
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1.1、减速器起减速增扭作用，下游应用广泛

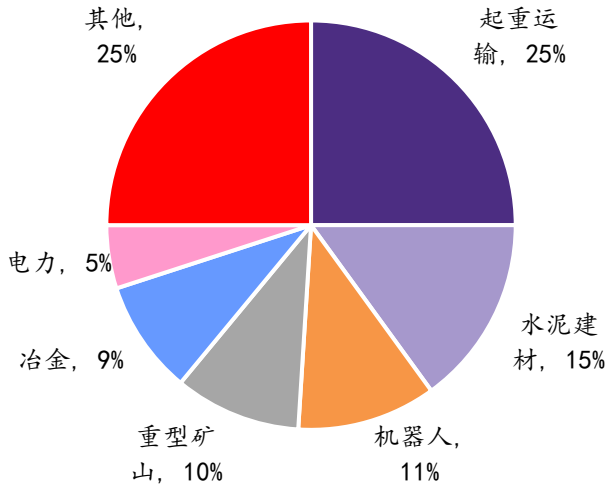
减速器是连接动力源与执行机构的中间传动装置，主要在原动机和工作机之间发挥匹配转速与传递转矩的作用。绝大多数工作机具有负载较大、运行转速较低的特点，不适合直接由高速原动机驱动，需要减速器通过机械传动装置实现对原动机的减速增扭，即通过齿数少的输入轴上齿轮啮合输出轴上的大齿轮，将原动机高速运转的动力降低转速、增大输出扭矩。

减速器下游应用广泛，国家推动发展。减速器广泛应用于环保、建筑、电力、化工、食品、物流、橡塑、矿山、冶金、石油、水泥、船舶、水利、港口、纺织、制药、机床和机器人等行业。减速器下游行业分布较为分散，单一应用行业的需求波动对减速器行业整体需求的影响相对有限。减速器与高端制造产业发展息息相关，国家及相关主管部门出台一系列产业政策推动减速器技术向更高精度、更高性能以及更高能效方向发展，从需求端鼓励国产化替代，减少对进口产品的依赖。

减速器工作原理



中国减速器下游应用领域



资料来源：科峰智能招股说明书、中商产业研究院、华鑫证券研究

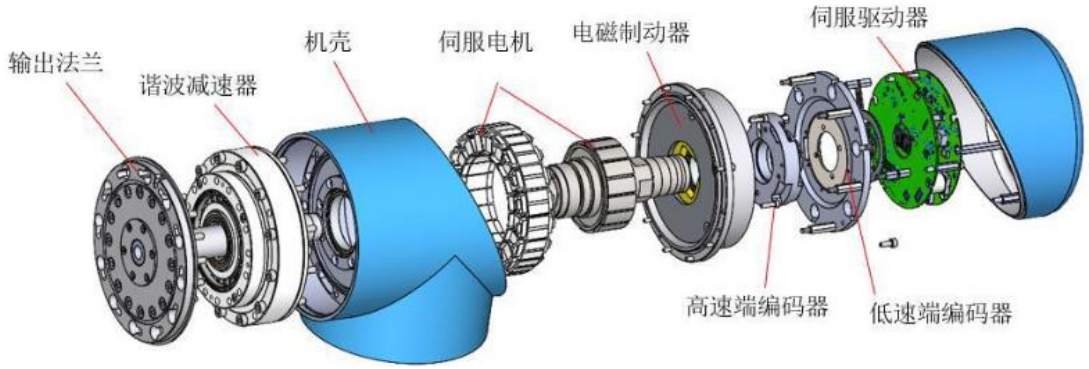
1.1、减速器起减速增扭作用，下游应用广泛

减速器根据精度要求，可分为一般传动减速器和精密减速器。一般传动减速器主要为改变输出力的结果，可满足机械设备基本的动力传动需求，适用于对运动轨迹与动态响应要求相对较低的通用机械场景。精密减速器属于面向过程控制的传动装置，其核心价值不局限于输出力矩的转换调节，更关键在于精准管控动力的运动传递过程，并通过对动力传动中力矩与位移的动态变化进行高精度调控，有效保障设备的定位精度与重复定位精度，同时实现运动轨迹精准跟随、运行速度平稳过渡以及整机姿态持续稳定的全流程性能优化，是高端装备达成高精度运动控制不可或缺的核心基础部件，适用于精密控制需求高的工业机器人、协作机器人、工业自动化等高端制造领域。

一般传动减速器应用场景



精密减速器结构拆分



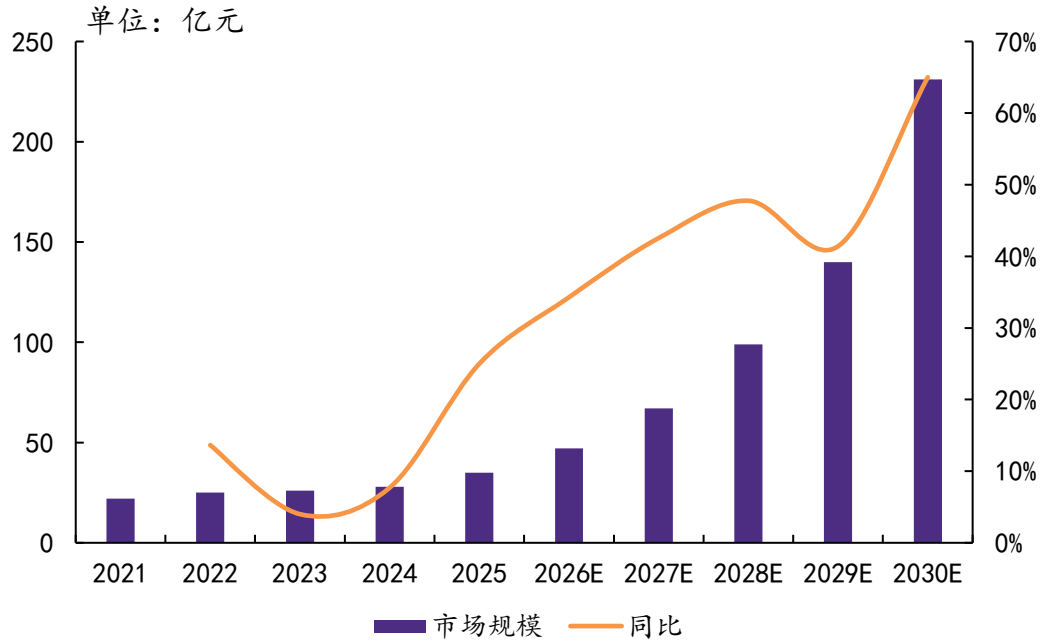
资料来源：国贸股份招股说明书、绿的谐波2025年报、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

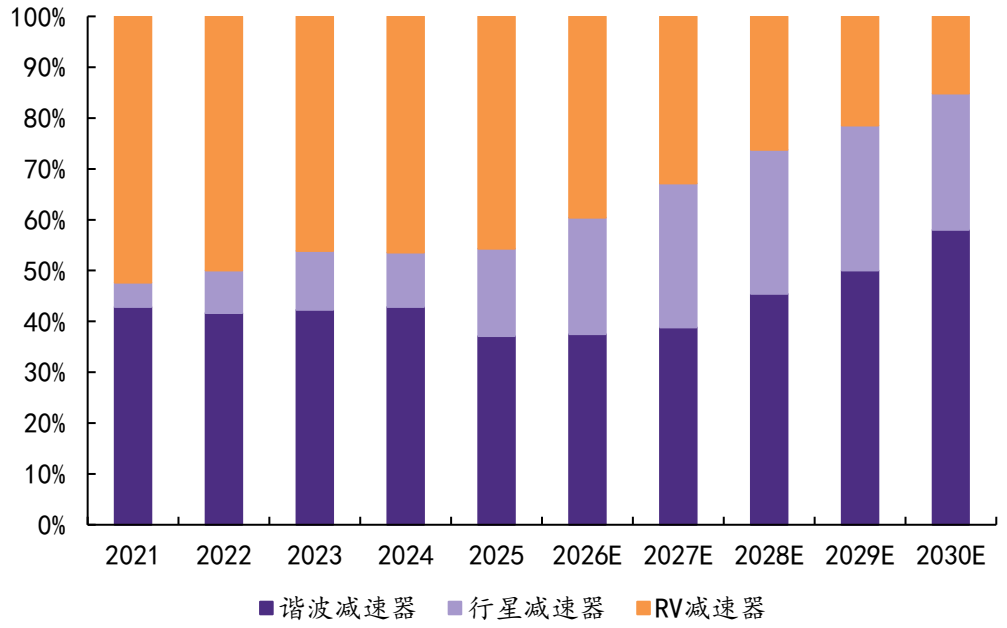
1.1、减速器起减速增扭作用，下游应用广泛

机器人精密减速器市场加速扩容，谐波与行星减速器逐步成为增长主力。得益于下游机器人行业的爆发性增长，中国机器人精密减速器市场规模正持续扩大。2021-2025年市场规模由22亿元增长至35亿元，复合年增长率为12.5%，预计2030年将进一步增至约231亿元， 2025-2030年复合年增长率达45.9%。从产品结构看，市场重心正由RV减速器逐步转向谐波减速器和行星减速器。2021-2030年谐波减速器占比预计由约41%提升至58%，行星减速器占比由约5%提升至27%，而RV减速器占比则由约50%下降至15%，机器人精密减速器市场结构将发生明显变化。

中国机器人精密减速器市场规模



中国机器人精密减速器市场结构



资料来源：来福谐波招股书、华鑫证券研究

1.2、减速器种类多样，优势各异

精密减速器主要分为谐波减速器、行星减速器、RV减速器和摆线针轮减速器。谐波减速器以极高传动精度和极致轻量化见长，但受柔轮疲劳限制，寿命与负载能力偏弱，效率亦偏低；RV减速器凭借多齿啮合的两级传动实现极强负载承载与抗冲击性能，然结构复杂、体积重量大、成本最高，且装配精度要求苛刻；行星减速器具有高效率、长寿命和低成本等特点，但精度中等、回程间隙大，难以满足超高精密需求；摆线针轮减速器在精度、负载与寿命间取得较好平衡，兼具高过载能力与长寿命，且体积较RV显著优化，但其加工精度要求高、噪音控制难度大，市场成熟度仍有待提升。

减速器性能指标对比

维度	谐波减速器	行星减速器	RV减速器	摆线针轮减速器
传动精度	极高 15-60角秒	中等 100-600角秒	高 60-100角秒	高 60 - 120 角秒
传动效率	75%～88%	86-97%	82%～90%	87%-94%
扭矩密度	80-120N·m/kg 4.00-4.50N·m/cm³	40-80N·m/kg 3.00-4.00N·m/cm³	100-160N·m/kg 4.20-4.80N·m/cm³	120-180N·m/kg 5.00-5.60N·m/cm³
减速比	30-160	3-512	30-250	6-119（单级） 121-5133(多级)
寿命	6,000-10,000小时	20,000-30,000小时	6,000-15,000小时	10,000-50,000小时
负载能力	低	中	极高	高
体积重量	极小	小	大	中等
成本价格	高	最低	高	中高
应用场景	工业机器人、服务机器人及中小负载机器人	低成本机械臂、机械设备、机床、输送机和自动化制造系统	适用于对寿命长、刚性高有要求的中重型工业机器人	人形机器人髋、膝、踝等高负载、高冲击的下肢承重关节

资料来源：全国标准信息公共服务平台、绿的谐波招股书、来福谐波招股书、赛弗勒的产品手册、高工机器人等、华鑫证券研究

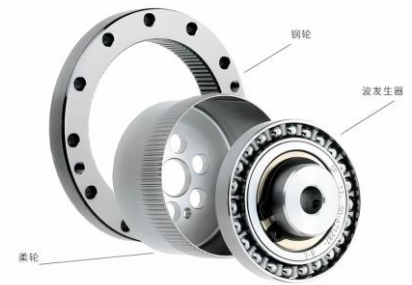
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1.3、谐波：通过柔轮与刚轮的齿数差进行减速，国产替代进程加速发展

谐波减速器由三大核心基础结构件以及关键的附加零件交叉滚子轴承组成。

- **波发生器：**由椭圆凸轮和套在其外圈的柔性轴承组成，通常与电机轴相连，激发柔轮变形，是动力输入端。
- **柔轮：**是谐波传动的核心，是运动输出端。形状为一个薄壁的、可弹性变形的杯状或圆筒状金属部件，其开口外缘带有外齿。当被波发生器装入后，它会被迫变形为椭圆形实现传动；由于其反复变形，是最易疲劳损坏的部件。成本占整套谐波减速器物料总成本30%～40%
- **刚轮：**刚性的内齿轮，内壁带有内齿，它的齿数比柔轮多2个且非常坚硬，在传动中保持固定，为柔轮提供啮合的轨道。成本整套谐波减速器物料总成本20%~30%
- **交叉滚子轴承：**精密回转支承轴承，滚子相邻滚子呈 90°相互交叉排列在内圈、外圈滚道之间。其一端贴合刚轮壳体，一端对接输出法兰；可同时承受径向力、轴向拉力、倾覆力矩，防止关节受力歪斜。成本整套谐波减速器物料总成本13%~19%

谐波减速器实物拆解图



交叉滚子轴承



标准杯型谐波减速器



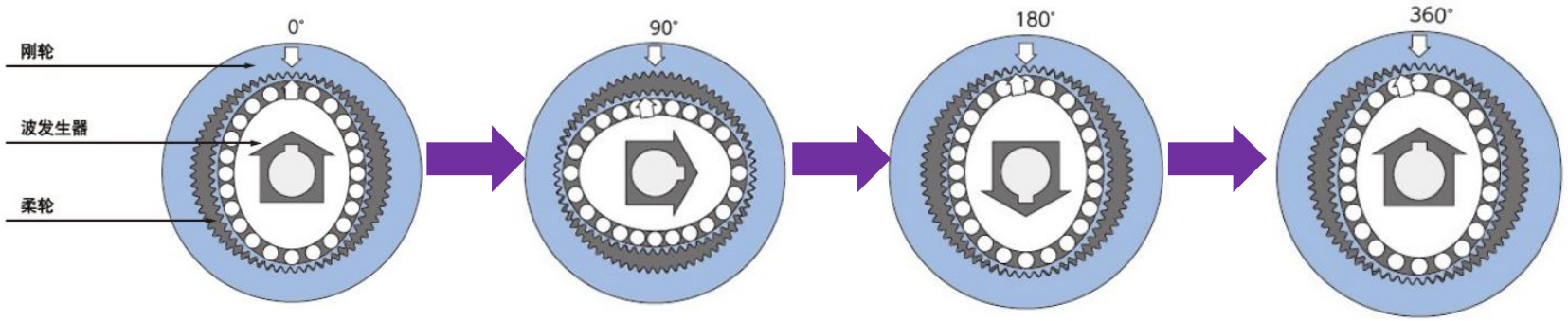
资料来源：艾邦机器人、哈默纳科 HarmonicDrive 官网、鸿元轴承官网、华鑫证券研究

1.3、谐波：通过柔轮与刚轮的齿数差进行减速，国产替代进程加速发展

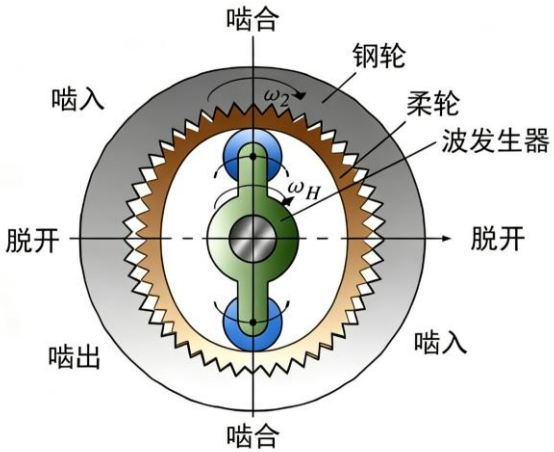
谐波减速器一种基于弹性变形的精密齿轮传动装置，通过齿轮啮合进行传动。其通过波发生器使柔轮周期性弹性变形，利用柔轮与刚轮的齿数差，将高速旋转转化为低速大扭矩输出，以错齿运动实现大速比减速。

- **第一步：初始啮合。**波发生器装入柔轮后，迫使柔轮由圆形变成椭圆形。在椭圆长轴两端，柔轮的外齿与刚轮的内齿完全啮合；在短轴两端，两者完全脱开。其余位置的齿则处于啮入或啮出的过渡状态。
- **第二步：旋转与错齿。**当波发生器连续顺时针旋转时，柔轮的椭圆长轴位置也随之转动，迫使柔轮齿与刚轮齿的啮合位置连续变化，并且只在长轴附近与钢轮啮合。
- **第三步：输出运动。**这个因齿数差产生的补偿转动，就是柔轮的输出运动。它方向与波发生器输入方向相反，且被大幅减速，柔轮或输出端形成最大减速比输出。

谐波减速器运行原理图



谐波齿轮传动原理图



资料来源：哈默纳科 HarmonicDrive 官网、机械传动、华鑫证券研究

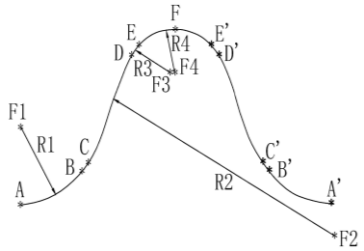
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1.3、谐波：通过柔轮与刚轮的齿数差进行减速，国产替代进程加速发展

谐波减速器的齿形设计是核心关键技术，直接决定其传动精度、承载能力和寿命。有如下几种齿形：

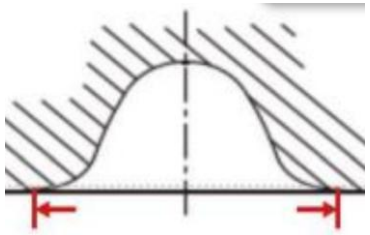
- **双圆弧齿形：**齿廓由凸、凹圆弧组成。承载能力强，润滑性高。但设计复杂，加工难度高，成本较高。
- **“P”齿形：**国内龙头绿的谐波的专属技术，为“低齿高”设计。承载与寿命兼顾，啮合率高，但较浅的齿高设计可能会在一定程度上影响传动精度。
- **“δ”齿形：**中国来福谐波基于共轭原理设计，优化啮合特性与运行平稳性。在振动、噪音、温升等实际应用体验上的全面优化。
- **“S”齿形：**哈默纳科独家专利齿形，基于柔轮齿顶运动轨迹逆向设计。性能优异，刚度与寿命高，柔轮抗疲劳强度提升1倍，扭转刚度提升70%~100%。但生产工艺要求极高，生产成本大大增加。
- **“IH”齿形：**日本哈默纳科继经典S 齿之后迭代升级的第二代专利高端齿形，专门针对人形机器人、重载精密场景优化，属于日系顶级谐波齿形体系。

柔轮双圆弧齿廓结构图



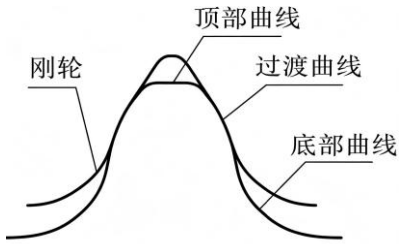
广东南大机器人

“P”齿形结构图



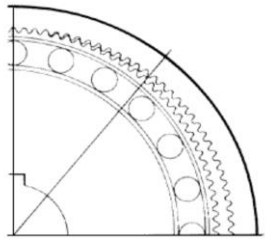
绿的谐波

“δ”齿形结构图



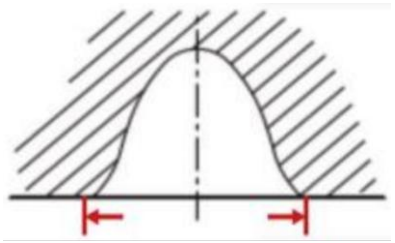
浙江来福谐波

新型“S”齿形内部啮合剖视图



哈默纳科

“IH”齿形结构图



哈默纳科

资料来源：天眼查、UDG联创设计、绿的谐波官方、哈默纳科 HarmonicDrive 官网、机械传动、华鑫证券研究

1.3、谐波：通过柔轮与刚轮的齿数差进行减速，国产替代进程加速发展

谐波减速器特点鲜明，对比优缺点显著。谐波减速器凭借其极致紧凑的结构、超轻质量与单级大减速比的独特优势，在空间局促且对自重敏感的精密传动领域具有不可替代性。其近乎零背隙的啮合特性与超低振动噪音，可满足光刻定位、显微手术等场景对运动绝对平滑的严苛要求。当应用同时受限于体积、重量与精度三重约束时，谐波减速器是唯一可行的工程解决方案。

谐波减速器优缺点对比表

对比维度	谐波减速器优势	谐波减速器短板
行星减速器	1. **传动精度极高，远优于行星，适合精密定位。在人形机器人小臂、腕部有较强优势。** 2. 在输出力矩相同的情况下，**体积相比行星减速器可减少2/3，重量可减轻1/2。** 3. 噪音低：低速无爬行，噪音和振动远低于行星。	1. **极易损坏，柔轮易疲劳，抗冲击和过载能力极差，限制高负载场景应用。** 2. 寿命有限，柔轮高频交变应力导致其设计寿命远低于行星。 3. 刚度偏软，扭转刚度低，行星刚性远优于谐波。 4. **成本高昂，**尤其是进口品牌，价格可达行星的数倍。
RV减速器	1. **极致小巧轻便，体积、重量小。** 2. 精度上限更高，传动精度可达1弧分以内。 3. 单级减速比更大，减速比可实现30-320。 4. 噪音更低，60db以下。	1. **抗冲击、过载能力差：谐波承受冲击、瞬时过载容易疲劳开裂；RV 是刚性摆线齿轮，耐冲击、抗过载更强。** 2. 寿命短：柔轮高频疲劳导致其寿命远低于RV，维护成本高。 3. 刚度不足，控制难度大。 4. **径向承受偏载能力弱：**谐波柔轮薄壁，径向受力容易变形，影响啮合精度；RV 结构刚性好，可以承受更大径向、倾覆力矩。
摆线针轮减速器	1. **极致轻巧紧凑，**同等性能下体积重量远小于摆线针轮。 2. 噪音更低，由于多齿啮合且传动平稳，噪音和振动控制优于摆线针轮减速器。 3. 传动精度极高。	1. **承载能力与抗冲击性弱，摆线针轮减速器承载大、抗冲击优，适重载。** 2. **寿命较短，**摆线针轮寿命可达10,000小时以上。 3. 传动效率相对较低：摆线针轮减速器的传动效率通常可达90%以上。 4. 成本适中，价格低于谐波减速器。

资料来源：绿的谐波招股书、MIR睿工业《2025年中国精密减速器行业发展白皮书》、专利说明书、EVST、来福谐波招股书、财经头条、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1.3、谐波：通过柔轮与刚轮的齿数差进行减速，国产替代进程加速发展

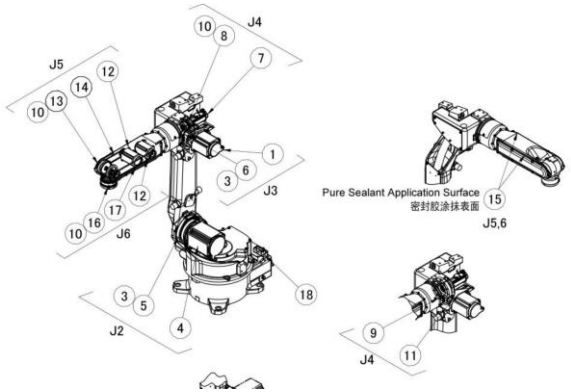
谐波减速器的早期应用发展历程，从军工航天到工业机器人。

- **起源与早期应用（1953–1970）：航天军工原生场景。**最早落地于航空航天、国防军工等高端特种装备领域，属小众精密传动部件，未进入自动化行业。1970年日本引入齿轮技术，成立哈默纳科，开启商业化与全球技术垄断。
- **进入工业自动化（1970–2000）：传统工业机器人局部配套。**电动伺服替代液压驱动及精密装备发展，谐波减速器向民用精密装备渗透，第一代多关节工业机器人落地。行业形成经典搭配：RV减速器用于基座、大臂重载关节；谐波减速器用于J4/J5/J6小关节处。此时谐波为末端选配部件，单机用量少，市场规模有限；全球市场高度依赖日本哈默纳科。
- **协作机器人驱动应用扩容（2010–2020）：应用范式重大转变。**全球自动化需求向柔性制造升级，协作机器人爆发，6轴协作机器人关节统一采用谐波减速器。此阶段谐波减速器单机用量大增，产品结构迭代出适配紧凑关节模组的新类型，医疗手术机器人、3C 精密装配设备需求持续上涨。同期国内厂商自主研发新齿形P 型、δ 齿形，打破海外专利封锁，开启国产化替代。

毅力号火星探测车机械臂



工业机器人关节传动布局原理图



协作机器人谐波一体化关节模组

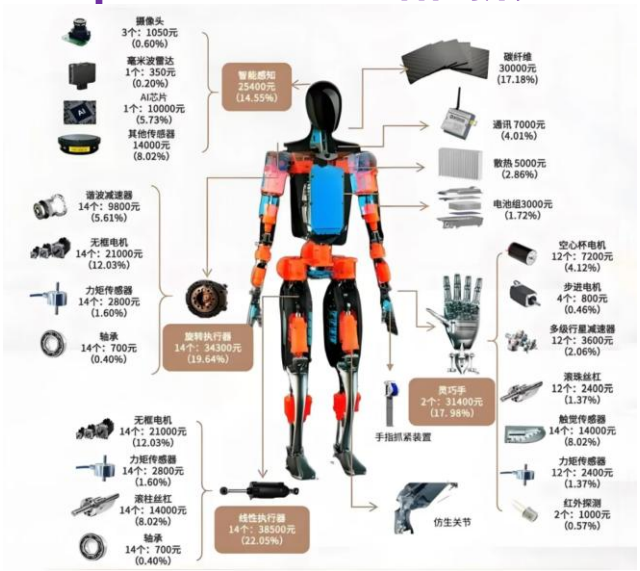


资料来源：哈默纳科官网、徽欧杰自动化科技官网、苏州汉品精密官网、华鑫证券研究

1.3、谐波：通过柔轮与刚轮的齿数差进行减速，国产替代进程加速发展

当下阶段谐波减速器在人型机器中广泛应用，特斯拉Optimus充分体现。谐波减速器凭借轻量化、超薄中空、极低背隙、优良反向驱动优势，成为人形机器人上肢精细操作、力控交互不可替代方案。人形机器人专用谐波减速器目前也在进行产品形态迭代：**超薄扁平中空谐波**对比传统工业机器人标准杯型谐波，轴向厚度大幅缩减，适配一体化关节模组；**超微型谐波减速器**，是人形灵巧手关节商业化关键零部件；**高疲劳强化版本优化齿形**（S 齿 / P 型 /δ 齿）、**柔轮材料与氮化、喷丸强化**，提升往复运动寿命，适配长时间连续动态动作。**在Optimus Gen-1的设计中**，全身共使用了14个谐波减速器，主要被集成在肩部、肘部、腰部等上半身和躯干的旋转关节模组中，与无框力矩电机、力矩传感器等共同构成旋转执行器。其多齿啮合的机械原理实现了人形机器人极高的动作精准度。

Optimus Gen-1结构拆分



Optimus谐波减速器规格图



腕部x2　　肩部x6　　髋部x6

资料来源：熵创未来、机器人大讲堂、未来智库、华鑫证券研究

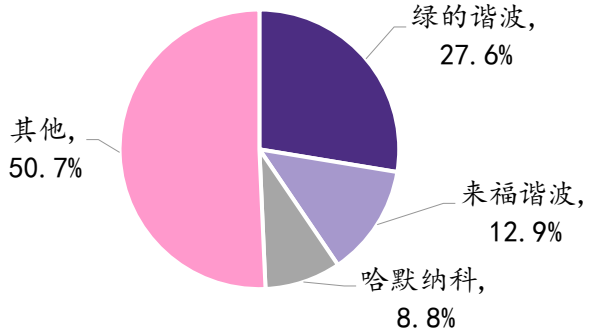
更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1.3、谐波：通过柔轮与刚轮的齿数差进行减速，国产替代进程加速发展

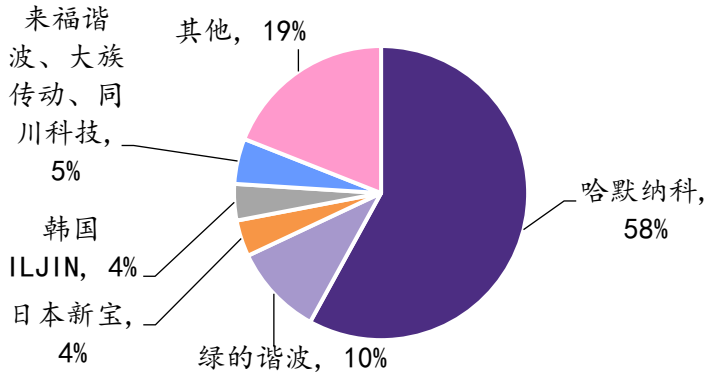
华鑫证券 CHINA FORTUNE SECURITIES

谐波减速器市场由日系企业主导，中国企业正加速扩张。全球谐波减速器行业呈现 “一超多强” 格局，日本哈默纳科长期依靠技术壁垒占据全球收入份额首位，掌控航天、半导体等高附加值高端市场。国内市场经十余年国产替代，机器人领域谐波减速器形成绿的谐波、来福谐波双寡头竞争格局。2025 年国内机器人谐波市场出货量口径下，绿的谐波和来福谐波市占率分别为27.6%和12.9%。产业方面，传统工业机器人是行业需求基本盘，协作机器人持续拉动扁平中空谐波需求扩张；人形机器人作为新兴赛道，正在重塑各厂商长期份额预期。虽然短期日系品牌在超高精度特种装备领域优势仍存，但中长期国产厂商凭借成本、交付、定制化能力持续抢占工业自动化市场。

2025年谐波减速器国内市场竞争格局



2024年谐波减速器全球市场竞争格局



主流企业优势与布局

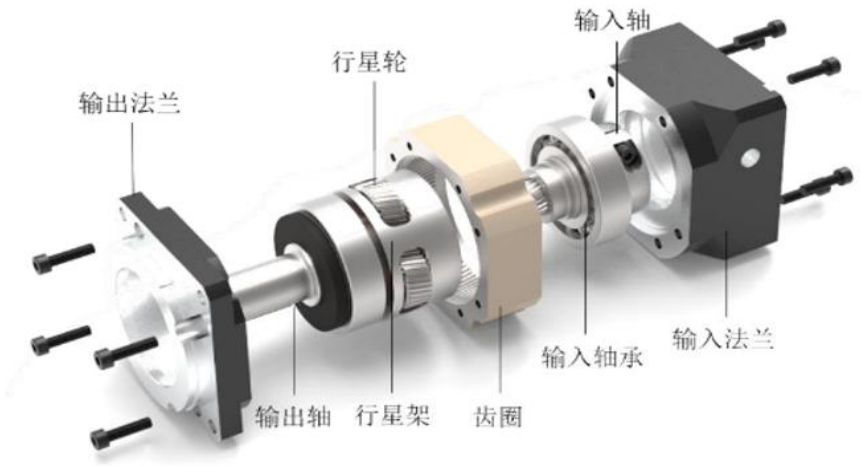
企业	核心优势和布局
哈默纳科	减速机产品被广泛应用于机器人、航空航天等领域，具备单级高减速比、低齿隙、高精度、轻量小型化、低振动噪音等优势，在全球范围内谐波减速器占领导地位
绿的谐波	国产第一，精度1-3角分，自研 P 型齿形，国内少数批量进入海外人形机器人头部供应链厂商。
来福谐波	国内唯二实现人形批量交付，精度±15角秒，寿命>1万小时。供货智元、优必选、北京人形机器人项目， δ 齿形路线。
大族激光	大依托族谐波传动，已自主研发生产11个产品系列，300余款谐波减速器，并全新升级到高扭矩系列。
昊志机电	先后攻克了齿形设计、凸轮廓设计、齿轮表面处理等关键技术，并形成了14至50型号的减速器，速比涵盖30-160，已经形成完整的产品族谱。
同川科技	依托同川精密，自研高端 3D 共轭双圆弧齿形谐波减速器，攻克轴向尺寸偏大、扭矩不足、易损耗痛点。

资料来源：普华有策、来福谐波招股书、阿尔法工场研究院、QYResearch、昊志机电公告、CIC灼识、高工机器人、 UDG联创设计、 VentureSights 、苏州璟丰机电有限公司、灼识咨询、华鑫证券研究

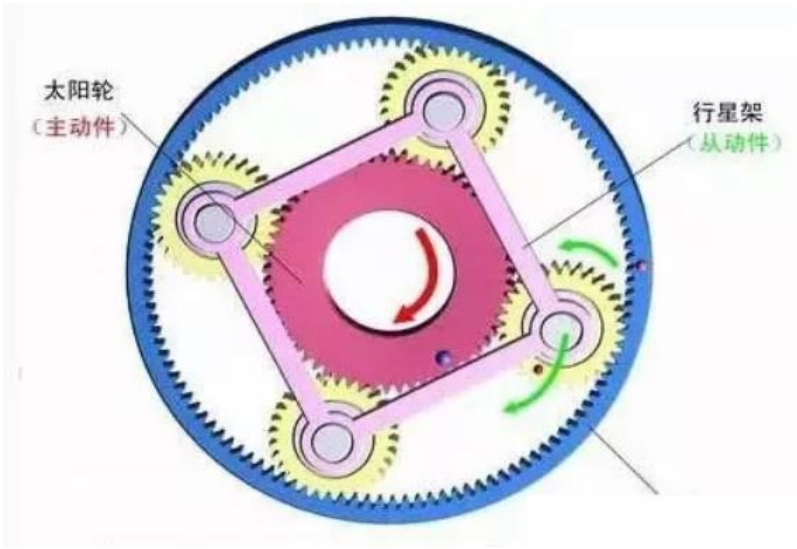
1.4、行星：机器人关节核心部件，可分为单级与多级结构

精密行星减速器是一种主要利用行星齿轮传动结构降低输出转速、增加输出扭矩的传动装置。精密行星减速器由太阳轮、行星轮、内齿圈、行星架等构成，工作时伺服电机等原动机驱动太阳轮旋转，太阳轮与行星轮的啮合驱动行星轮产生自转；同时，由于行星轮另外一侧与减速器壳体内壁上的环形内齿圈啮合，最终行星轮在自转驱动下将沿着与太阳轮旋转相同方向在环形内齿圈上滚动，形成围绕太阳轮旋转的“公转”运动。行星轮通过公转驱动行星架旋转，行星架与输出轴联接，带动输出轴输出扭矩。通常，每台精密行星减速器都会有多个行星轮，它们会在输入轴和太阳轮旋转驱动下，同时围绕太阳轮旋转，共同输出动力，带动负载运动。太阳轮和齿圈存在齿数差，从而达到减速目的。

精密行星减速器结构示意图



精密行星减速器传动原理



资料来源：科峰智能招股说明书、华科星公司官网、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1.4、行星：机器人关节核心部件，可分为单级与多级结构

按照结构和用途，行星减速器可以分为单级和多级结构，多级结构包括双级、三级等形式。行星减速器的级数是指内部行星齿轮组的套数，一套行星齿轮组由太阳轮、行星轮和内齿圈组成，一套行星齿轮组称为单级行星减速器。当一套行星齿轮组不能满足较大驱动比要求时，可以采用两套或三套行星齿轮组组成多级行星减速器。由于增加了行星齿轮的数量,所以双级或三级减速器的长度会有所增加，传动效率会有所下降。减速器级数一般不超过三，但有部分大减速比定制减速器有四级减速。

三级精密行星减速器结构示意图



单、双、三级精密行星减速器对比表

级数	速比范围	常见速比	适用场景
单级	3-10	3、4、5、6、8、10	工业机器人关节、数控转台、AGV驱动轮、包装机械
双级	10-100	15、20、25、30、40、50、70、100	重型刮板输送机、矿用提升机、风电变桨系统、物流输送设备
三级	100-500+	100、160、200、256、320、512	大型起重设备、风电偏航系统、矿山机械、重型破碎机

资料来源：兆威机电官网、合纵重工公司官网、鹏辉科技公司官网、华鑫证券研究

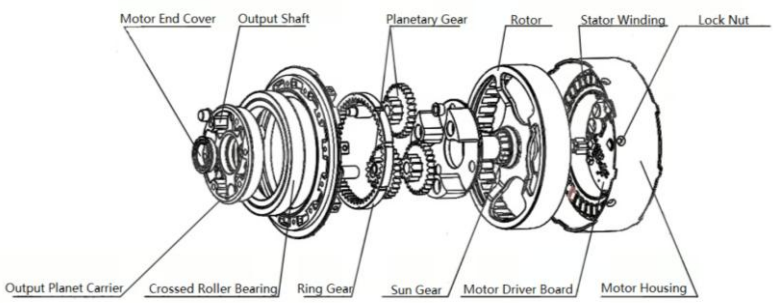
1.4、行星：机器人关节核心部件，可分为单级与多级结构

行星减速器是机器人关节模组和灵巧手的核心部件之一。在人形机器人和四足机器人中，精密行星减速器可以与电机、驱动器、编码器、制动器和力传感器组成一体化关节模组。行星传动通过多个行星轮共同承担传递载荷，有利于在有限体积内提高扭矩承载能力，而谐波减速器的柔轮在运行过程中承受反复形变，易疲劳断裂。行星减速器输入端与输出端还可采用同轴布置，形成紧凑的机器人关节结构，体积较小，而RV减速器结构复杂，体积较大。行星减速器的较低减速比可以降低电机转子惯量折算至关节输出端后的影响，动态响应速度更快。较少的传动级数和较低的齿轮质量还能够减少摩擦损失，传动效率更高。同时，灵巧手中的精密减速器以微型行星减速器为主。微型行星减速器虽较谐波减速器功率密度、传动精度有一定降低，但可增加负载、降低成本、可靠性较高。

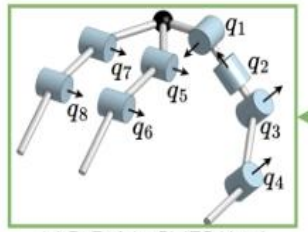
宇树A1四足机器人



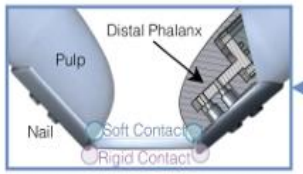
宇树A1关节模组内部结构图



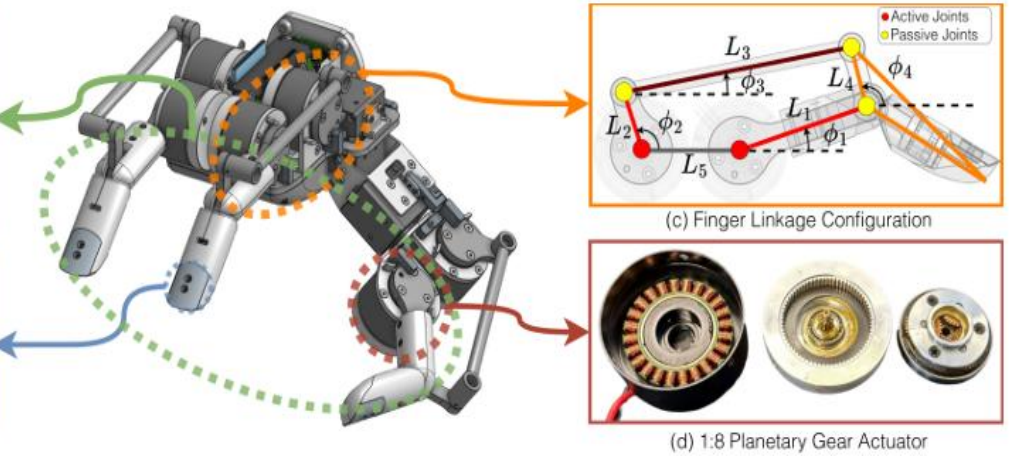
灵巧手结构示意图



(a) DoF of the PLATO Hand



(b) Hybrid Contact Mechansim



(c) Finger Linkage Configuration

(d) 1:8 Planetary Gear Actuator

资料来源：Dong Ho Kang《 PLATO Hand: Shaping Contact Behavior with Fingernails for Precise Manipulation 》，宇树科技官网、维基、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1.4、行星：机器人关节核心部件，可分为单级与多级结构

精密行星减速器下游多元需求共振，应用潜力广阔。在锂电设备领域，精密行星减速器产品广泛应用于涂布机、卷绕机、分切机、辊压机等设备中。新能源汽车和新型储能产业的发展使锂电池出货量高速增长，带动锂电设备及其上游精密行星减速器需求持续释放。精密行星减速器是保障半导体设备稳定运行、提升生产效率的重要零部件之一，主要应用于晶圆传输、光刻、封装等关键环节的自动化单元中，需求空间随中国半导体市场规模扩大而拓宽。在工业母机领域，精密行星减速器是保证其核心功能精度的关键传动部件，主要应用于机床的主轴、旋转运动轴等。随着我国制造业不断向智能化和高端化发展，叠加存量设备更新换代需求释放，工业母机消费额不断增长，减速器行业持续受益。

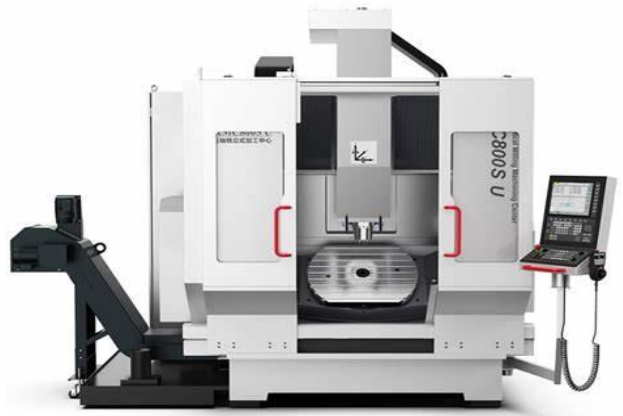
锂电设备



半导体设备



工业母机

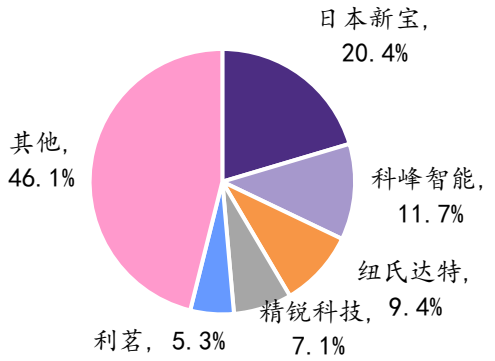


资料来源：纽氏达特官网、科德数控官网、北方华创官网、华鑫证券研究

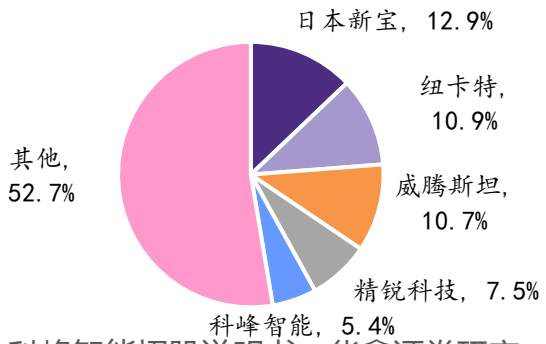
1.4、行星：机器人关节核心部件，可分为单级与多级结构

国外厂家技术领先，国内厂家推进国产替代。在全球范围内，德国、日本等国家的精密行星减速器产品在材料、设计水平、质量控制、精度、可靠性和使用寿命等方面处于行业领先地位，国际巨头如日本新宝、威腾斯坦靠材料科学、热处理工艺及超精密加工领域的积淀，把持着航空航天、机床转台、半导体制造等高端、超高端应用市场。国产企业如科峰智能、纽氏达特正加速实现智能装备和特种装备等中高端应用场景的市场渗透，且已占据重要的市场份额，并在半导体制造等高端应用领域实现技术突破，逐步打开进口替代空间。日本新宝、纽卡特、威腾斯坦是全球精密行星减速器市场的主要供应商。日本新宝、科峰智能及纽氏达特是中国精密行星减速器市场的主要供应商，2022年市场占有率分别为20.4%、11.7%、9.4%。

2022年中国精密行星减速器市场竞争格局



2022年全球精密行星减速器市场竞争格局



资料来源：科峰智能招股说明书、华鑫证券研究

主流企业相关布局

公司名称	注册地	主要产品种类	应用领域
日本新宝（NIDEC）	日本	马达/电机、风扇、鼓风机、电机控制器、减速机、搬运装置、光学设备、传感器、电子设备、设备装置、生产设备等	车载、家电、住宅设备、通信设备、机器人、物流、医疗及健康护理、公共设施（交通、能源、ICT）、商业、娱乐、工业等领域
纽卡特（NEUGART）	德国	精密行星减速机和特种减速机	自动化、机器人、包装设备、机床、食品行业、药品技术和药剂行业、印刷等行业
威腾斯坦（WITTENSTEIN）	德国	伺服齿轮箱、伺服电机、伺服变频器、传感器、软件、伺服机电一体驱动装置、伺服驱动系统、线性系统、医疗植入装置以及纳米定位的伺服电机	机床、物流、运输和加工技术、医疗技术、航空航天等
斯德博（STOBER）	德国	减速器、电机、减速电机以及伺服调节器和相关软件等	自动化与机器人、塑料机、包装机、机床等行业
科峰智能	湖北省黄冈市	精密行星减速器、工程机械用 行星减速器、谐波减速器、精密零部件及其他	移动机器人、新能源设备、高端机床、工程机械、电子设备、智能交通等行业领域的精密机械
中大力德	浙江省宁波市	精密减速器、传动行星减速器、各类小型及微型减速电机	应用于工业机器人、智能物流、新能源、工业自动化、工作母机等领域以及食品、包装、纺织、电子、医疗等专用机械设备
纽氏达特	山东省淄博市	行星减速器、智能协作机器人、谐波减速器、传感器等产品	物流、工业机器人等
精锐科技	台湾省台中市	行星减速机、齿条、润滑装置、机械手臂、动力刀塔	航天工业、半导体设备、工具机到包装、自动化产业、产业用机器人、医疗检验、精密测试仪器等
利茗	台湾省台中市	减速马达及螺旋齿轮减速机，蜗杆蜗轮减速机，行星式减速机	3C设备、锂电池制造、光伏以及激光加工设备

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

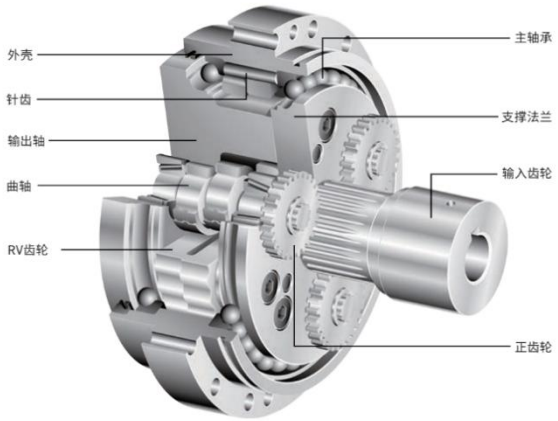
1.5、RV：由行星支架和摆线针轮构成，主要用于工业机器人

RV减速器由行星减速器和摆线针轮减速器组成。其是在传统针摆行星传动基础上发展出的一种传动形式，由行星支架和摆线针轮组成，是一种封闭差动轮系。

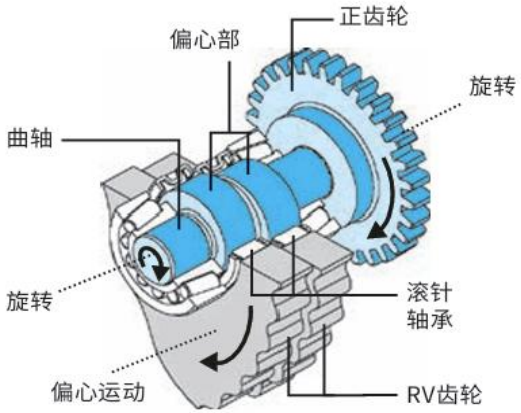
- **第一级行星减速器，**用电机带动太阳轮驱动行星轮，按输入齿轮与正齿轮的齿数比进行减速。 曲轴与正齿轮相连接，以与正齿轮相同的转速旋转。在曲轴的偏心部有通过滚针轴承安装的2个RV齿轮用以平衡作用力，如果曲轴旋转，则安装在偏心部的2个RV齿轮也进行偏心运动。

- **第二级摆线针轮减速器，**在外壳内侧的针齿槽中设有以等距离排列的针齿，其数目比RV齿轮的齿数多1个。如果曲轴旋转1圈，RV齿轮在与针齿接触的同时进行1圈的偏心运动，结果，RV齿轮沿着与曲轴的旋转方向相反的方向上旋转1个齿数的距离。该旋转通过曲轴传递至轴（输出轴）得到减速，减速比为针齿数，总减速比为第1减速部的减速比与第2减速部的减速比之积。只需变更正齿轮（第一级）即可变更减速比。

RV减速器构成图



RV减速器传动结构图

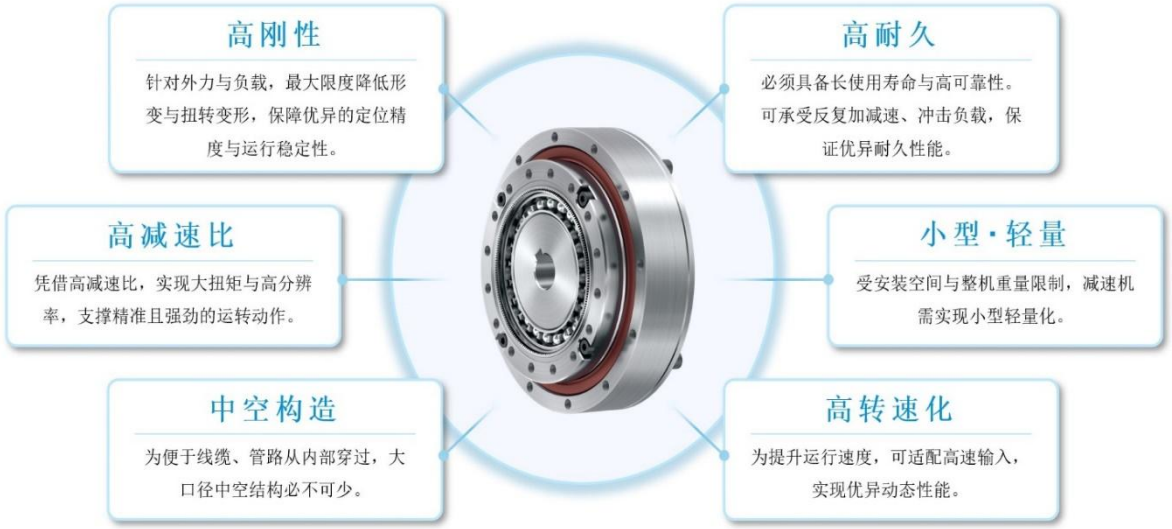


资料来源：精密减速机RV™产品指南、华鑫证券研究

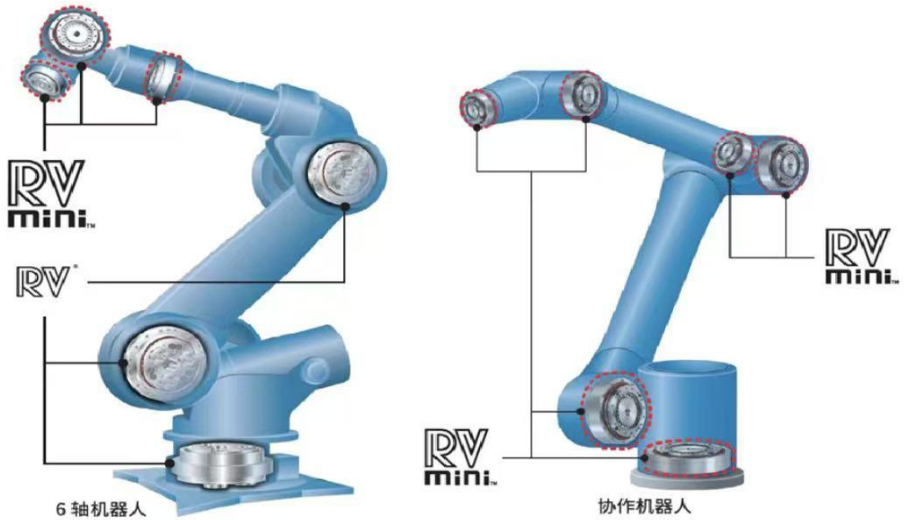
1.5、RV：由行星支架和摆线针轮构成，主要用于工业机器人

RV减速器的优点在于高负载、高精度以及使用寿命长久，主要用于工业机器人的重要关节处。RV减速器优在重负载精密减速器领域内具有主导地位，二级传动结构使其齿轮的公转速度慢，低振动、装置的精度提高，抑制发热。同时，RV齿轮与针齿的同时啮合齿轮数多，使得齿隙和空程可以控制在1弧分以内，可承受额定转矩5倍的冲击力，在疲劳强度、刚度和寿命方面拥有优势。目前，RV减速器主要应用在工业机器人需要承受巨大负荷和冲击的关节中。在人形机器人方面，为适配对关节空间的要求，RV减速器正朝着轻量化和紧凑化的方向发展。

小扭矩领域需求



RV减速器机器人



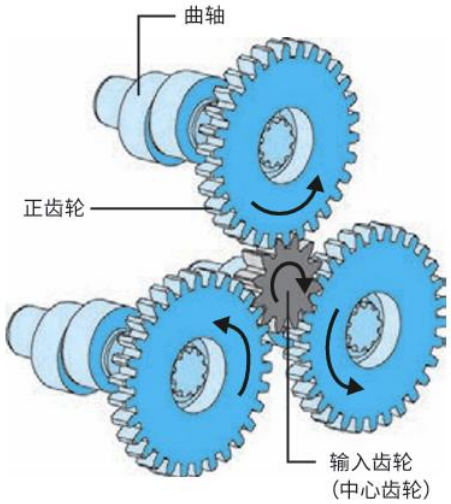
资料来源：GGLL、中商产业研究院整理、纳博特斯克公众号、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1.5、RV：由行星支架和摆线针轮构成，主要用于工业机器人

多层传动导致体积偏大，高精度制造壁垒使得成本较高。RV减速器采用多级传动结构，一般用于传递大扭矩，其体积和重量偏大，无法正常在人形机器人关节处应用。RV 减速器在工作中需要反复进行精确定位，为了保持精度不衰减、延长使用寿命，其对针齿和针齿壳以及针齿销的加工精度、材料和工艺都有相当高的要求。由于结构中包含了行星齿轮和摆线针轮，两级传动的复杂结构增加了设计和装配难度并且推高了物料和制造成本，RV减速器的价格可达6000-8000元。

RV减速器齿轮传动结构



减速器价格性质对比

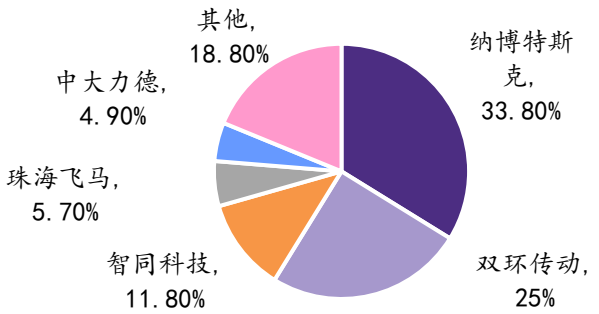
减速器	价格区间	特征性质
谐波减速器	国产：1,500 - 2,000 进口：3,500 - 4,000	高精度、体积小、重量轻，但柔轮寿命有限，不耐冲击。
行星减速器	国产：400 - 800元 进口：600 - 1,000元	成本最低、结构简单、传动效率高，但精度相对较低。
RV减速器	6,000 - 8,000元	高负载、高刚性、抗冲击能力强，结构复杂，体积大。
摆线针轮	价格介于RV与谐波之间	高扭矩密度、过载能力强（可承受≥5倍额定扭矩的冲击），噪音低、体积相对较小

资料来源：水清木华研究中心、EVST、航天信控、精密减速机RV™产品指南、华鑫证券研究

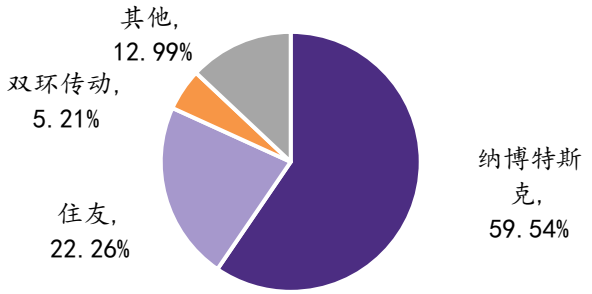
1.5、RV：由行星支架和摆线针轮构成，主要用于工业机器人

日本厂商占据市场领先地位，国产RV减速器近年发展加速。2025年全球RV减速器市场规模约8.06亿美元，市场份额由日系企业纳博特斯克占据领先地位。纳博特斯克的前身帝人精机是RV减速器技术的开创者，其率先提出RV传动理论并将其应用于机器人行业，通过持续更新迭代技术，拥有多项减速器相关专利，与ABB、发那科、库卡等国际机器人巨头长期合作。国内企业中，双环传动、中大力德等企业位于第一梯队。其中，双环传动产品从精密齿轮到机器人减速器持续扩张，产品已配套钱江机器人、埃夫特、埃斯顿等国内一线机器人客户。

2024年中国RV减速器市场份额



2025年全球RV减速器市场份额



主流企业相关布局

公司名称	简介
纳博特斯克	由日本百年企业“帝人制机”与“NABCO”于2003年合并而成，东京证券交易所主板上市；核心业务覆盖RV减速机、液压驱动装置、自动门系统、航空航天控制装置等，涵盖工业机器人、轨道交通、半导体制造等领域。
双环传动	子公司环动科技（持股61%）为国内RV减速器龙头，市占率25%，产品覆盖工业机器人关节、半导体设备等高端场景，技术延伸至谐波减速器，与埃斯顿、新松等国内机器人厂商建立合作，满足人形机器人关节需求。
智同科技	国内RV减速器领域的头部企业，正通过国产替代加速和IPO进程巩固市场地位。专注高精密RV减速器研发与生产，产品覆盖工业机器人、数控机床、人形机器人等领域。已进入库卡、埃斯顿、汇川技术等国内一线机器人厂商供应链。
珠海飞马	专注RV减速器的研发与生产，产品覆盖工业机器人、自动化装备、精密仪器等领域。同时凭借定制化开发能力（如非标型号）和快速响应服务，在华南3C电子、锂电设备领域占据优势。
中大力德	RV减速器业务是其在精密传动领域的核心组成部分，用独特的创新设计避开海外专利限制，形成独立专利体系，产品传动效率、刚性等指标接近国际龙头纳博特斯克。

资料来源：中商产业研究院整理、鸿晟信合信息技术研究院、洛阳佰纳轴承科技有限公司、纳博特斯克官网、MOVIBOT、飞马传动官网、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1.6、摆线针轮：精密传动核心，人形机器人打开成长空间

摆线减速机结构分明，协同完成减速传动。摆线针轮减速机主要由输入机构、摆线轮、针轮及输出机构等部件组成。

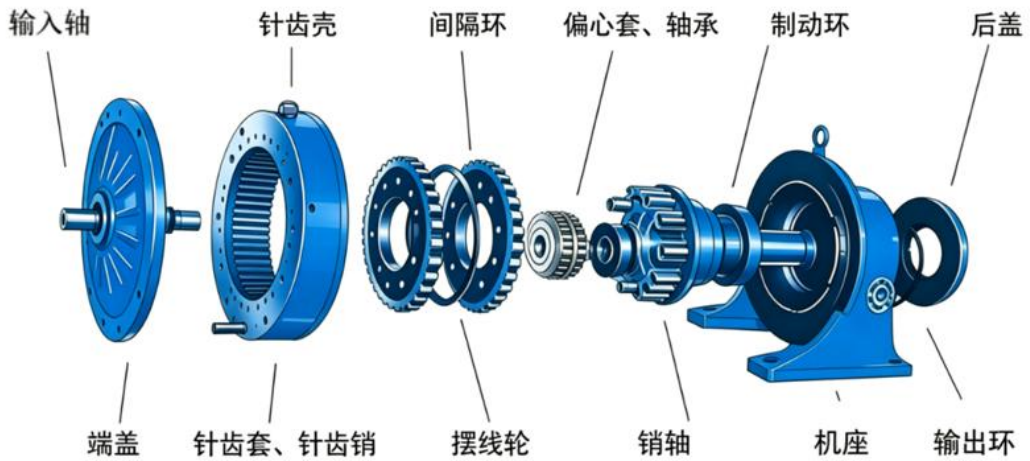
➢**输入机构**：主要由输入轴、偏心轴和轴承组成。输入轴与电机轴相连，2个偏心轴与摆线轮之间通过滚动轴承连接。

➢**摆线轮**：以短幅外摆线的内侧等距曲线作为传动齿廓的传动齿轮，是摆线针轮减速器的核心构件。

➢**针轮**：摆线针轮减速器的关键部件之一，主要由针齿壳、针齿销和针齿套组成。。

➢**输出机构**：输出机构主要由法兰盘、若干柱销和摆线轮上开有的柱销孔组成。

摆线针轮减速器零部件拆解



摆线针轮减速器核心部件功能与特点

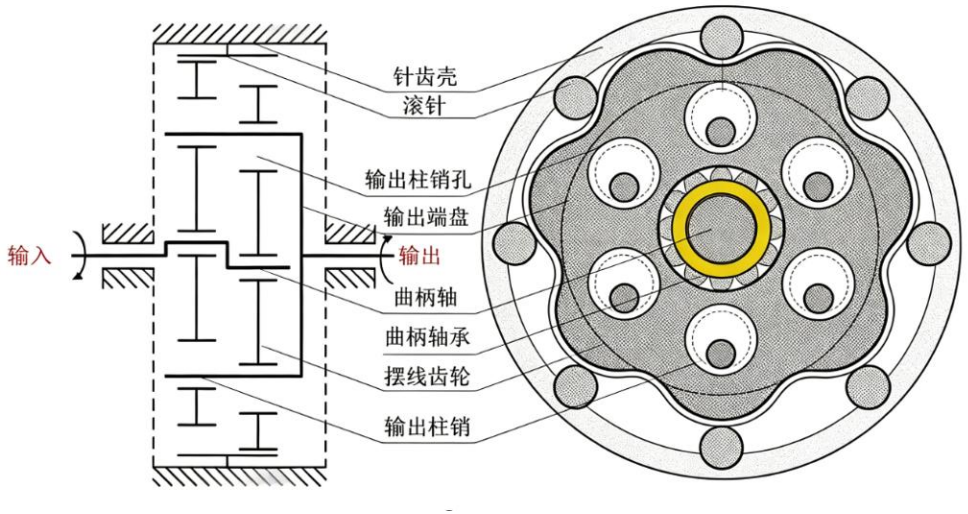
结构	结构特点及功能
输入机构	输入轴与电机轴相连，偏心轴有2个，径向对称地安装于输入轴上，分别用于安装相位相差180°的2个摆线轮
摆线轮	理论上一个摆线轮就能实现运动的传递，但实际机构一般采用两个相同的摆线轮沿径向对称安装，以使摆线轮在与针轮合过程中实现静力平衡，减轻振动，提高减速器的承载能力。
针轮	当摆线轮与针齿套相啮合时，针齿套可绕针齿销转动，因而将其与摆线轮啮合中的相对滑移运动转化为纯滚动，以减少合摩擦损失。
输出机构	柱销的一端固定在输出轴的法兰盘上，另一端插入两摆线轮端面的等分孔中，在柱销的悬臂上装有可移动的柱销套以减少摩擦损失。摆线轮上柱销孔推动着柱销转动，柱销固连着减速器两端的圆盘作为输出机构，由此将摆线轮的低速自转通过柱销输出。

资料来源：爱福纳、常州明业机械有限公司官网、华鑫证券研究

1.6、摆线针轮：精密传动核心，人形机器人打开成长空间

摆线减速机依托独特传动原理，综合性能优势突出。摆线减速机是一种采用少齿差行星传动原理、通过摆线轮与针齿啮合实现减速增扭的机械传动装置。其基本工作方式是由输入轴带动偏心机构，使摆线轮产生平面摆动并与针齿壳啮合，从而将高速低扭矩输入转换为低速高扭矩输出，与普通齿轮减速机相比，摆线减速机通常具有传动比大、结构紧凑、承载能力强、抗冲击性能好、运行平稳和使用寿命较长等特点。摆线减速机在精度、负载能力与体积控制三方面表现出显著的均衡优势：**（1）**传动精度超越行星减速器；**（2）**承载能力优于谐波减速器；**（3）**结构体积小于RV减速器。

摆线减速器传动原理



摆线减速器优势

对比维度	摆线减速器优势
行星减速器	精度更高：其多齿同时啮合的特性，能实现更平稳、更精准的传动，运动精度远优于行星方案，更适用于需要细腻力控的关节。
谐波减速器	负载更强，寿命更长：其刚性啮合结构避免了柔轮疲劳问题，承载能力和抗冲击性能显著提升，更适合下肢关节的严苛工况，也延长了整体使用寿命。
RV减速器	结构更紧凑：**RV减速器是传统摆线减速器的一种精密方案，**但传统摆线减速器通过优化设计，能实现更高的功率密度，在同等输出下，体积和重量可进一步缩减，这对于空间极度受限、追求极致轻量化的人形机器人躯体至关重要。

资料来源：爱福纳、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1.6、摆线针轮：精密传动核心，人形机器人打开成长空间

摆线减速器适配极端工况，应用领域广泛。摆线减速器最早于20世纪30年代诞生于德国，初代产品定位于重型工业装备，核心适配强冲击、交变载荷及高粉尘、高湿度等极端工况。传统工业款研发核心目标为恶劣环境下长周期稳定运转，普遍采用厚壁铸铁壳体，整机体积大、自重偏高；设计侧重极致结构刚性与超高传动定位精度，反向驱动能力极弱，多作为独立传动单元装配于设备基座，仅依靠壳体自然对流即可满足散热需求。该类早期产品面向机床、矿山、工程机械等传统工业场景开发，结构设计未考量轻量化、小型化、高速散热、反向力矩输出等适配人形机器人关节的核心需求。

摆线减速器在传统领域的应用

应用领域	典型设备/场景
工业自动化	数控机床、包装机械
机械制造	起重机、输送机、搅拌机
能源领域	风电、光伏、水电设备、石油化工
交通领域	电动汽车、轨道交通车辆
低噪音精密设备	食品加工机械、医疗器械、印刷设备
重载设备	冶金、矿山、起重等重载设备

传统摆线减速器应用案例


石油化工


建筑设备


冶金设备


纺织印染


农业设备


食品工业

资料来源：共研网、航天信控、泰隆减速机集团官网、华鑫证券研究

1.6、摆线针轮：精密传动核心，人形机器人打开成长空间

摆线减速器高度集成轻量化，全摆线关节人形机器人PHYBOT C1亮相。人形机器人摆线关节遵循仿生高集成设计思路，将摆线减速器、电机、编码器、等核心元件层叠整合为紧凑模组，并采用PEEK等轻量化材料。**2025年9月，动易科技发布全球首款全身摆线关节人形机器人PHYBOT C1，身高128cm，体重28kg，其一体化摆线关节Phy Arc系列模组最轻仅为0.2kg，最高峰值扭矩超过530N·m，可承受5倍以上瞬时过载冲击力，背隙为1弧分，关节寿命可长达5000～10000小时。**摆线减速器主要适配人形机器人腰部、髋部、膝盖、脚踝等下肢关节和重载旋转关节，2025年单台价格为1.5万元。

摆线减速器在具身智能的应用及优势

应用场景	应用场景/核心优势
人形机器人	为髋、下肢关节提供高刚性支撑，实现仿生行走、负重抓取，保障稳定站立与精准作业。
四足机器狗	轻量化结构降低肢体运动惯量，从容应对跳跃、攀爬、越障等冲击场景，运动更敏捷、落地更平稳。
工业机器人	适配需要高精度与力矩输出的关节部位，如基座、腕部等，满足稳定作业需求。
移动机器人平台	抗冲击特性能够适应运行、越障带来的持续振动，轻量化结构降低运动惯量。
智慧物流	依靠高承载、长寿命特性，优化设备转向、举升机构布局，提升设备整体耐用性。
特种机器人	满足高频往复的作业要求，响应迅速，瞄准稳定，适用于消防、航天、排爆等场景。

PHYBOT C1和宇树G1参数对比

人形机器人名称	PHYBOT C1	宇树G1
身高	128cm	130cm
体重	28kg	35kg
最轻重量	0.2kg	1.1kg
最高峰值扭矩	>530N·m	90N.m
总体自由度	25+个自由度	≤43个自由度
腰关节	P±154° P±150°	Z±155° P±154°
髋关节	R-3°~160° Y±120°	R-30°~+170° Y±158°
膝关节	0°~140°	0°~165°
背隙	≤1弧分	高精度行星减速器通常≤3弧分

资料来源：西格传动、动易科技、青岛科技发展研究、宇树机器人、时据新征途、通用机械、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1.6、摆线针轮：精密传动核心，人形机器人打开成长空间

摆线针轮减速器效率受限，高速高温导致故障。人形机器人搭载摆线减速器存在两大核心技术壁垒：**齿廓构型设计**与**齿廓精密修形。**量产环节需对齿廓做微量补偿以规避齿轮卡滞问题，但修形公差控制难度极高：若修形余量不足，齿轮啮合易发生锁死，关节运动失效；若修形过量，则齿轮侧隙显著扩大，设备运行将伴随剧烈振动与冲击，衍生高噪音、缩短零部件使用寿命，同时造成啮合载荷分布不均，直接影响人形机器人整机运动稳定性。此外偏心输入轴结构带来转速上限短板，高速运转下离心力呈平方增长，平衡结构无法完全抵消冲击，振动逐级传导加速齿面疲劳损耗；高速啮合摩擦升温易突破 70℃安全阈值，造成润滑油失效、金属热胀挤压啮合间隙，诱发卡顿、扭矩不稳等故障。

摆线减速器制造难点

技术环节	核心难点	详情
齿廓设计	多修形组合与参数优化	需组合移距修形、等距修形、转角修形，涉及数百个参数的优化，以平衡啮合间隙与承载能力。
齿廓修形	理论深度与迭代修正	需深入研究摆线轮传动理论；修形参数确定依赖复杂的迭代修正，缺乏大量理论/仿真分析与试验论证则难以实现。
转速上限与热管理	高速离心力与温升控制	偏心输入轴结构导致转速升高时离心力增长，高速啮合相对滑动摩擦生热，易突破70℃安全阈值
精密加工	设备精度与投资	摆线轮成型磨削需专用磨齿机，精度达0.001mm级别；针齿壳加工依赖高精度成型磨工艺，设备投资常在千万元级别。
批量一致性	传动误差与过程控制	同批次产品传动误差需控制在±0.5弧分以内，对热处理炉温均匀性、工装夹具精度等提出严苛要求。

资料来源：西格传动、羿弓精密、机器人大讲堂、电机联盟、华鑫证券研究

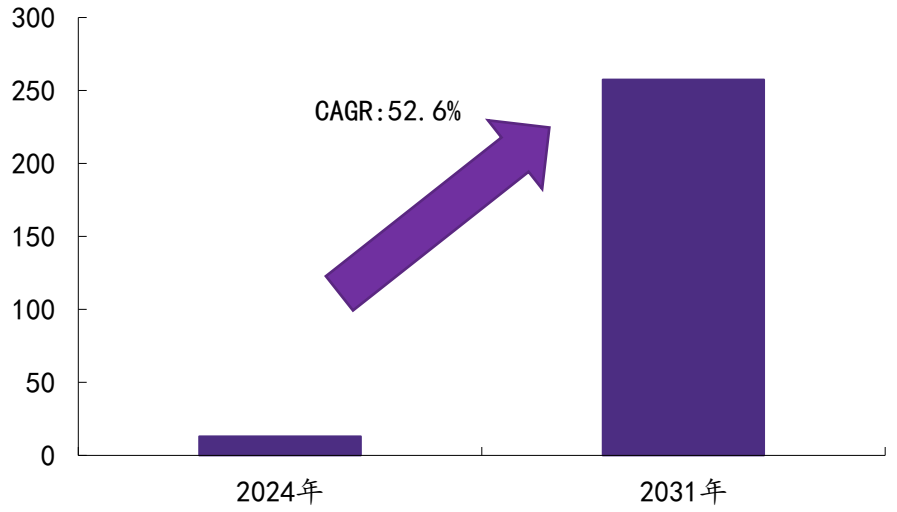
1.6、摆线针轮：精密传动核心，人形机器人打开成长空间

国产厂商持续突破，加速抢占全球高端市场份额。摆线减速器行业正迎来高速发展期，主要受人形机器人及工业自动化需求的强劲驱动。该部件因兼具高精度、大扭矩和高可靠性，成为人形机器人下肢、腰髋等重负载关节的理想选择，推动市场持续增长。技术演进围绕轻量化、更高精度和更高强度方向发展，同时国产化进程显著加速，以双环传动、中大力德为代表的国内企业突破技术壁垒，逐步切入国际主流供应链。**预计2026年起，机器人下肢关节将采用摆线减速器，单台用量可达4-6套。2024年全球人形机器人摆线减速器市场规模约13.09亿元，预计未来将持续保持平稳增长的态势，到2031年市场规模将接近257.5亿元，六年CAGR为52.6%，行业增长空间广阔。**

摆线减速器企业产品

公司名称	减速器产品
纳博特斯克（日本）	核心产品矩阵涵盖RV-N、RV-C、RD2系列，覆盖数十至千余N·m中大负载区间，依托多齿啮合、分力传递及低惯量优势，可有效抑制共振与形变。公司近年推出紧凑型、轻量化机型，在维持高扭矩密度基础上实现小型化、减重优化。
住友传动（日本）	Fine Cyclo系列通过多齿啮合实现高强度、高寿命和极低背隙，矩阵覆盖CF、CFS、CS系列，扭矩范围从几十到上千N·m，推出ECY系列布局小型精密摆线。
中大力德（中国）	产品线覆盖摆线（RV/CBX/BX类）、行星与伺服配套减速机，规格涵盖中小功率段，主打低回差、高效率与工程化配套。
禾川科技（中国）	推出Hu-MCS系列轻量化高效摆线关节执行器，具备如下特点：①兼有高精度与高抗冲击性；②高爆发扭矩与毫秒级响应；③轻量化与高集成度；④全生命周期性能衰减低，无需额外传感器即可实现安全交互。
科盟创新（中国）	推出新型轻量化摆线减速机，采用Peek材料。通过小数、多齿数、高减速比设计，实现重量降低73%，扭矩重量比提升51%，传动效率提高至90%。
飞马传动（中国）	SMRV-E系列精密行星摆线减速机：传动比范围大、扭转刚性大、传递误差及回差小于1弧分、传动效率大于80%、体积、重量较传统圆柱齿轮减速器减少1/2～2/3。

全球人形机器人摆线减速器市场规模（单位：亿元）



资料来源：普华有策、具身智能行家、青岛工业自动化展IAIF、QY Research、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

02 多重壁垒构筑核心护城河，新型减速器有望解决行业痛点

研究创造价值

2.1、谐波减速器产品核心指标存在差异，哈默纳科为目前行业最优解

谐波减速器关键性能指标为传动精度、使用寿命、传动效率、噪声等。哈默纳克高端产品性能领先，使用寿命可达10年以上，传动精度极高，噪音和震动较小，抗冲击能力强；绿的谐波、来福谐波减速器产品在精度、噪音、效率等方面同样具有优势。

主流厂商谐波减速器产品关键性能指标

指标要求	哈默纳克	绿的谐波	来福谐波
常用减速比	30:1～320:1	30:1～200:1	30:1～160:1
直径	最小外直径 6 mm	最小外直径 6-8 mm	最小外直径 8-10 mm
传动精度	≤1 arcmin	1-3 arcmin	±15 arcmin
传动效率	80-90%	75-85%	70-80%
扭矩刚度	10-50 Nm/arcmin	8-40 Nm/arcmin	5-30 Nm/arcmin
回差	≤1 arcmin	≤3 arcmin	≤5 arcmin
寿命	1-2万小时（高端更高）	0.8-1.5万小时	0.5-1万小时
温升	≤30℃	≤40℃	≤50℃
噪声	≤60dB	≤65dB	≤70dB

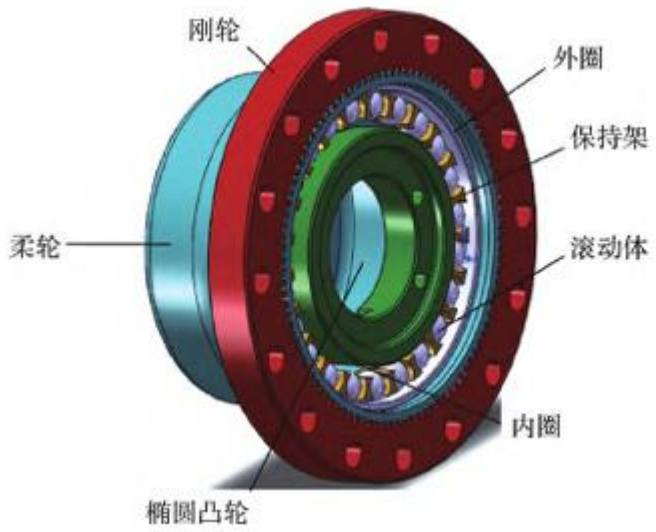
资料来源：UDG产业研究、来福谐波招股书、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

2.2、谐波减速器制作壁垒繁多，主要取决于材料、设计、工艺与设备

谐波减速器主要由合金钢制成，其中柔轮仍然依赖进口材料。（1）柔轮方面，其壁厚约为1-2mm，原材料需要具备优异的弹性和强度性能来保证在每分钟上千次的弹性变形中保持完好无损。国内外的谐波减速器柔轮材料基本为40Cr合金钢，其中40CrMoNiA与40CrA最为常用。国外提纯技术较高，国产材料的杂质含量曾一度较日本高端材料高出3-5倍，直接导致产品寿命缩短30%以上，哈默纳科柔轮疲劳强度 800MPa，无故障寿命可以做到 20000–50000 小时，而同等工况下，目前国产柔轮寿命仅 8000–12000 小时，长期高频形变极易疲劳开裂。（2）钢轮方面，为了保证减速器产品的使用寿命，哈默纳科使用球墨铸铁，国内厂商如恒工精密等也开始使用这类材料。（3）波发生器方面，其由柔性轴承和凸轮组成，其材质采用工具钢或碳钢。

谐波减速器三维模型



谐波减速器主要材料参数

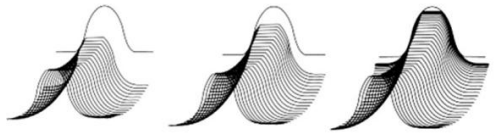
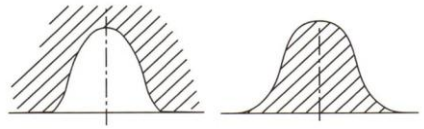
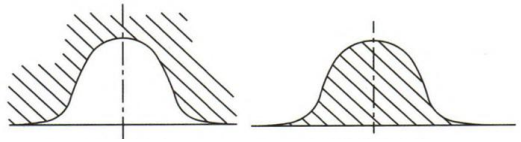
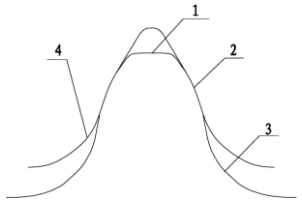
名称	材料	弹性模量 E/GPa	泊松比 u	密度 ρ/(kg/m³)
刚轮	40CrMo	212	0.28	7850
柔轮	40CrNiMoA	209	0.295	7850
内、外圈	ZGCr15	207	0.3	7800
保持架	PA66	2.6	0.35	1110
滚动体	GCr15	217	0.29	7850
椭圆凸轮	优质碳素结构钢45	210	0.269	7890

资料来源：李军宁《谐波减速器柔性轴承动力学仿真与润滑特性》、华鑫证券研究

2.2、谐波减速器制作壁垒繁多，主要取决于材料、设计、工艺与设备

齿型设计影响减速器性能，专利优势夯实核心护城河。日本哈默纳科用其S齿形及IH齿形构筑了长达数十年的专利墙，专攻高精度、高刚度场景，后进入者不能复制，必须从头正向开发一套全新的齿形方案；绿的谐波自主研发P型齿形，其是国内唯一、全球第二套自主方案，在疲劳寿命与转矩容量上显著优化，整体性能已接近海外主流水平，同时推出新一代三次谐波技术、机电耦合技术、轴承优化、独特材料改性技术、齿廓修形优化技术、协同高效润滑技术及超精密制造加工工艺等核心技术；来福谐波研发δ 齿形，大幅降低应力损耗、提升扭矩与寿命，其定位精度和寿命指标位居中国第二及世界第三。

谐波减速器主要齿形设计

公司	齿形	齿形图	特点
哈默纳科（日本）	S齿形		由哈默纳科自主研发，该齿形在空载条件下基本实现了连续接触，突破了传统齿形只有在负载条件下才能实现多齿啮合的连续接触的状况。相比于渐开线齿形，在相同传动效率的情况下，同时参与啮合齿数加倍，齿根处的圆角半径增大，**使柔轮轮齿的抗疲劳强度能力提升1倍，扭转刚度也提高了70%-100%。**
	IH齿形		哈默纳科独家IH双圆弧齿形是谐波根基，**其啮合齿数比其他齿形可以提升30%、**齿底应力大幅降低，扭转刚度是国产早期产品2倍，**适用于高精度、高刚度的应用场景。**
绿的谐波（中国）	P齿形		由绿的谐波自主研发，**啮合齿数比例20%-30%，**在疲劳寿命、转矩容量等方面有明显提升，产品性能与海外基本接近，**适用于承载力和柔轮寿命要求高的场景。**
来福谐波（中国）	δ 齿形		1-顶部曲线 2-过度曲线 3-底部曲线 4-钢轮轮齿 由来福谐波自主研发，显著提升了啮合接触面积与传动平稳性，使产品定位精度达±15角秒，使用寿命超10,000小时，性能指标达到国际领先水平，**解决了传统谐波减速器在极端工况下的微动磨损问题。**

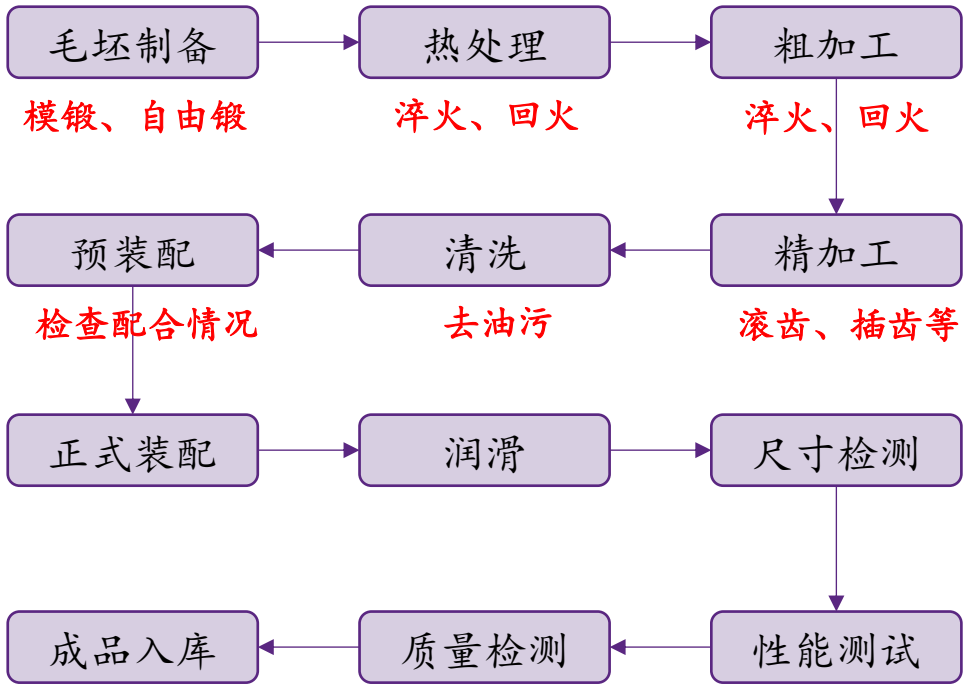
资料来源：向珍琳《谐波减速器研究现状及问题研究》，UDC产业研究，专利之星，财联社研投，热点新闻网，华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

2.2、谐波减速器制作壁垒繁多，主要取决于材料、设计、工艺与设备

精密减速器生产工艺复杂，壁垒主要存在于热处理、加工、装配、润滑、检测等流程。热处理环节能够决定齿轮的精度和性能，需针对材料自主开发工艺，且依赖长期试错与经验积累；机加工中的车削与滚齿精度要求极高，核心设备多依赖进口，交付周期长达8-12个月；柔轮与钢轮的装配因结构复杂无法完全自动化；润滑脂直接影响产品寿命，但配方与核心技术专利被美日企业垄断，国内高度依赖进口；检测环节则依赖高精度测量设备。

谐波减速器生产流程



谐波减速器生产工艺难点

环节	难点
热处理	柔轮和刚轮等关键部件的热处理工艺需要严格控制，以确保产品的精度和性能，热处理工艺需根据材料自主研发，需要长时间的技术积累和不断试错优化。
加工	谐波减速器的加工精度高，误差需控制在1微米以内，所有零件加工精度都必须高于设计要求，留有一定的加工余量用于后期装配调整，多依赖于进口高精度设备，设备成本高昂。
装配	谐波减速器的装配工艺复杂，**其中柔轮和钢轮装配中无法完全自动化，**还需根据总装技术要求进行精细调整和校正，新进入者难以在短时间内培养出足够经验丰富的技工。
润滑	需要使用谐波专用润滑脂，润滑对减速器寿命有显著影响，润滑脂基本高度依赖进口，全球80%以上高性能润滑脂专利被美日企业掌握。
检测	需使用高精度的测量设备，如三坐标测量仪和齿轮检测仪，对产品进行详细检测，确保每个零件和装配环节都符合设计要求。

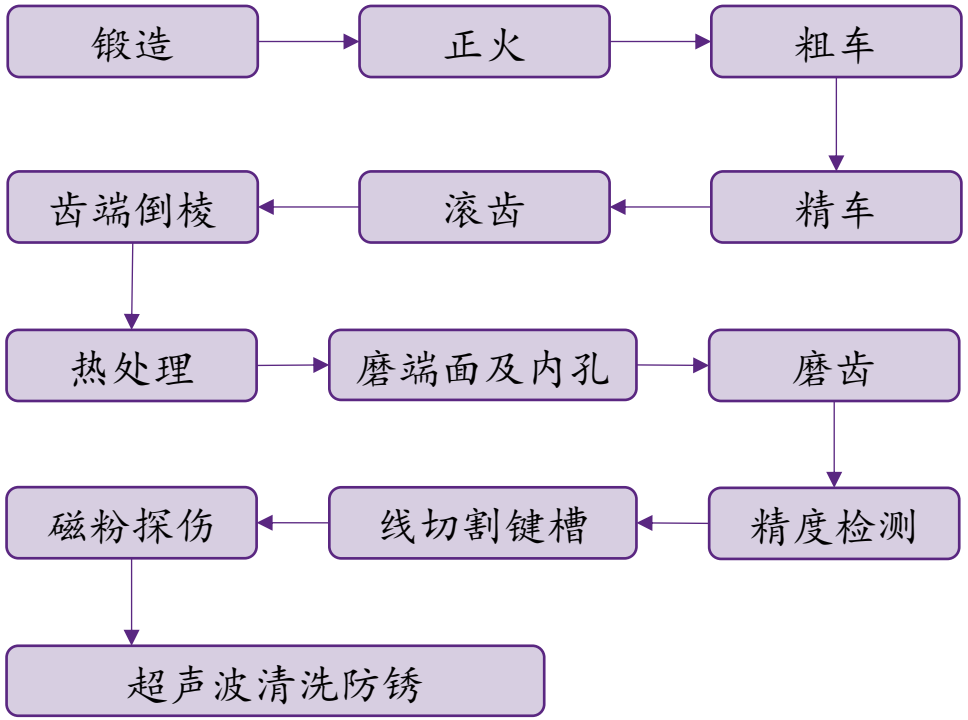
资料来源：金属加工、华鑫证券研究

2.2、谐波减速器制作壁垒繁多，主要取决于材料、设计、工艺与设备

齿轮工艺齿轮是减速器的核心，其加工精度直接影响传动效率、噪音和使用寿命。国内谐波减速器企业大部分采用传统的慢走丝或滚齿、插齿工艺，效率较低，量产较难。其中，慢走丝加工精度较高，但是因其多次切割技术的应用，导致生产效率低，更适合运用在产品的打样阶段，且只能切割钢材，针对导电性能差的球墨铸铁则无法使用慢走丝加工；而钢轮插齿工艺可以应对任何材料，包括钢材和球墨铸铁。此外，滚齿与插齿相较于慢走丝，在效率上提高了近10倍，在插齿工艺上还可添加附加装置，以此达到与慢走丝同样的精度。

国内厂商中，**绿的谐波、来福谐波多使用慢走丝、滚齿工艺；来福谐波自研车齿工艺，将核心部件加工时长压缩 85%，兼顾高精度与规模化低成本量产，轻量化钢铝复合材料方案实现减速器减重 30%。**

减速器齿轮加工一般工艺流程



国内谐波减速器齿轮加工传统工艺

加工类型	运作原理	加工精度	生产效率	使用阶段
慢走丝	慢走丝是利用连续移动的细金属丝作电极，对工件进行脉冲火花放电，产生6000度以上高温，蚀除金属、切割成工件的一种数控加工机床。	高	低	用于产品打样阶段
滚齿	滚齿工艺运用展成法原理用滚刀来加工齿轮，相当于一对交错螺旋轮啮合。	低	高	用于柔轮的齿形加工
插齿	插齿运用插齿刀按展成法或成形法加工内、外齿轮或齿条等的齿面。	中	中	用于加工内齿轮和台肩齿轮
车齿	车齿工艺通过连续滚动切削完成齿形加工，其最大优势在于所需轴向空间小，非常适合狭窄的安装环境。加工过程中采用多刀切削，刀具逐步进给，直至达到目标尺寸。	较高	较高	用于解决空间限制，可加工靠近轴肩或干涉轮廓的齿轮

资料来源：齿轮传动、高工机器人、金属加工、环球机床、赛莱齿轮、米克龙官网、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

2.2、谐波减速器制作壁垒繁多，主要取决于材料、设计、工艺与设备

谐波减速器制造设备主流仍为日系、德系进口品牌，国产设备与海外仍有较大差距。核心设备主要包括慢走丝切割机、插齿机、车齿机、滚齿机、超精密磨床和齿轮测量仪、坐标测量机等。谐波减速器加工精度高，国产品牌与德国Reishauer、日本三井、马扎克在精度与稳定性上相差较大，因此目前国内加工仍依赖进口设备。绿的谐波通过旗下子公司矩阵，自研从控制、加工到检测的全链条设备，全资子公司麻雀智能手握数控和物料管理系统；控股子公司开璇智能拥有五轴加工中心等核心装备；同时，公司自研了螺纹通止检测设备。来福谐波主要机器及设备则采购自中国及日本厂商。

谐波减速器核心生产及检测设备

设备	工作原理	核心厂商
慢走丝切割机	利用连续移动的细金属丝(称为电极丝)作电极，对工件进行脉冲火花放电蚀除金属、切割成型。	瑞士乔治·费歇尔集团（原阿奇夏米尔机床）、日本牧野、日本沙迪克、日本发那科等
插齿机	主要用于加工多联齿轮和内齿轮，加附件后还可加工齿条。在插齿机上使用专门刀具还能加工非圆齿轮、不完全齿轮和内外成形表面。	德国利勃海尔、美国格里森、日本三菱、瑞士法斯勒、中国长机科技等等
滚齿机	该过程使用滚刀旋转并将齿轮齿切入工件，通过连续的切削运动来高速生产并精确地制造齿轮轮廓，用于生产齿轮，包括直齿轮、斜齿轮和蜗轮。	美国格里森、德国利勃海尔、日本哈迈机械、中国重庆机床、中国三菱重工等
车齿机	车齿刀具的轴线与被加工工件的轴线呈空间交错状态，通常保持一定的轴交角和安装中心距，相当于一对交错轴的螺旋齿轮相互啮合传动的过程。	美国格里森、德国利勃海尔、日本尼得科等
精密数控磨床	通过砂轮在高速旋转中磨削工件表面，数控系统可精确设定磨削参数，如进给速度和转速等，系统会根据工件加工要求，自动调整这些参数，确保加工精度达到高要求。	日本大隈、德国埃马克、德国埃尔温勇克机械、中国秦川机床等
轮廓测量仪	基于针描法，通过触针与被测表面的接触式扫描，将几何轮廓的物理位移转化为可分析的电信号，最终经数据处理得到精准的轮廓参数。	瑞典海克斯康、德国蔡司、日本基恩士、德国马尔、美国OGP、日本三丰等
齿轮测量仪	基于坐标测量与传感器信号采集分析，仪器通常配备高精度的机械导轨系统。测量时，齿轮被固定在测量台上，测量仪的测头按照预设的路径与齿轮表面接触，测头能够感知齿轮表面的微小变化，当测头在齿轮表面移动时，会实时采集与齿轮几何形状相关的数据，如齿形、齿向、齿距等信息。	德国克林贝格、美国格里森、德国蔡司、德国温泽、意大利马尔波斯、日本大阪精机等

资料来源：广亿博、gf官网、makino官网、sodicksit官网、fanuc官网、切削之家、qyresearch、工程建设机械、工程设计、RIO制造营、wenkh、哈迈机械官网、《车齿面齿轮残余应力加工参数优化》、nidec官网、普发官网、十大品牌网、苏州方圆计量仪器官网、天牛测量、际诺思电子官网、华鑫证券研究

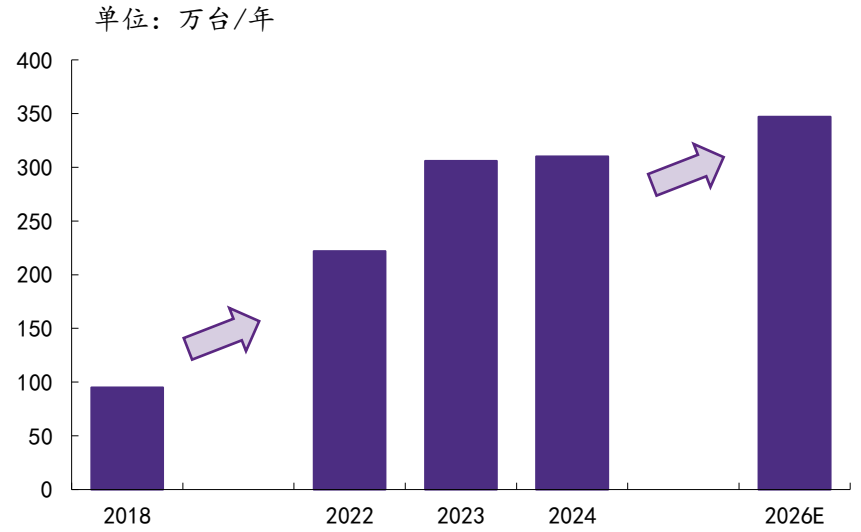
2.3、海外龙头扩产幅度放缓，国产厂商迎来新机遇

哈默纳科扩产速度趋缓，主流国产品牌有望提高产品份额。截至2024年3月，哈默纳科谐波减速器年产能为306万台，公司为应对下游人形机器人和工业机器人需求规划扩产，预计2026年产能将达到347万台，整体产能扩张幅度较小，难以完整覆盖全球人形机器人量产增长需求；2025年底，绿的谐波的谐波减速器年产能约79万台，新募投项目“新一代精密传动装置智能制造项目”也处于建设当中，投产后将新增谐波减速器100万台、机电一体化产品20万台产能；2025年底，来福谐波的谐波减速器年产能约32万台，同时规划在浙江新建多座生产设施，年计划产能达到80万台。

哈默纳科谐波减速器产能及未来规划（单位：万台/月）

地区	工厂名称	2018.3	2022.3	2022.9	2023.3	产能规划	达产日期
美国	Beverly Plant	0.3	0.8	0.8	0.8	增加产能13%	2024.12
德国	Limburg Plant	1	2.7	2.7	2.7	增加产能9%	2024.12
日本	Ariake Plant	0	0	4	4	增加产能14%	2026.3
	Hotoka Plant	5.6	9	9	9		

哈默纳科谐波减速器产能



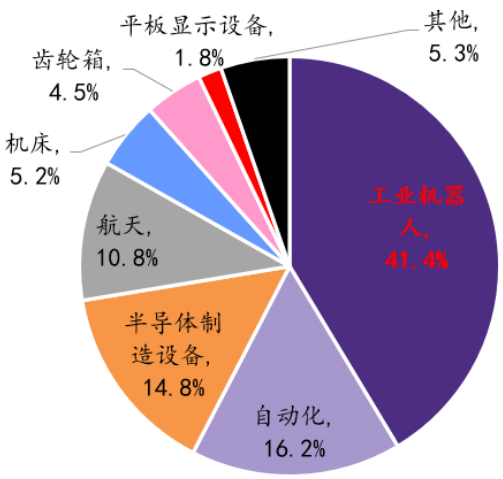
资料来源：哈默纳科公告、立鼎产业研究网、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

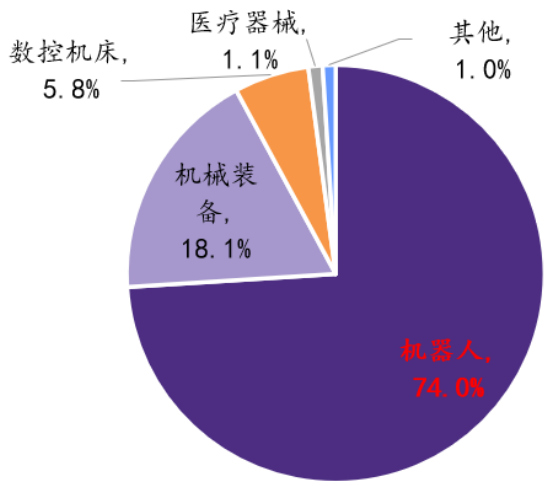
2.3、海外龙头扩产幅度放缓，国产厂商迎来新机遇

下游应用结构存在明显分化，绿的谐波、来福谐波同步布局人形及工业机器人市场。哈默纳科产品下游仍以工业机器人为主，人形机器人相关业务收入占比处于较低水平。盈利层面，依托全产业链自研与规模化制造优势，绿的谐波综合毛利率长期高于哈默纳科；来福谐波当前正加速切入国内人形机器人整机供应链，随着高附加值人形机器人减速器、一体化关节模组出货占比持续提升，有望驱动公司毛利率进入持续上行通道。

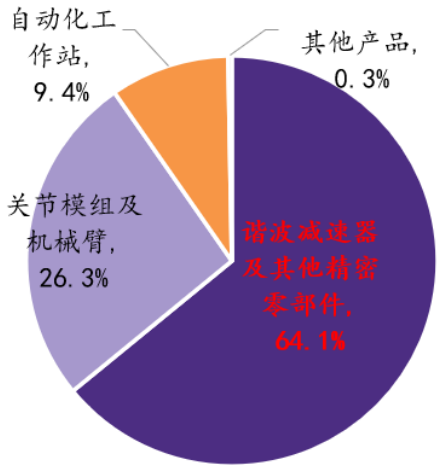
哈默纳科产品下游应用情况



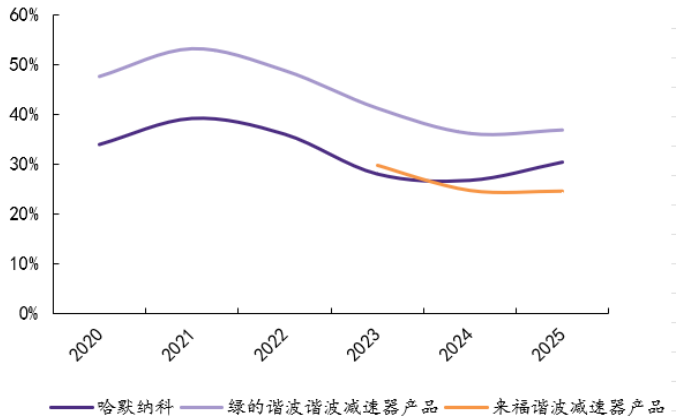
绿的谐波产品下游应用情况



来福谐波产品下游应用情况



哈默纳科、绿的谐波、来福谐波毛利率对比



注：哈默纳科未单独披露谐波减速器产品毛利率，因此采取整体毛利率进行对比

资料来源：wind、哈默纳科公告、华鑫证券研究

2.4、谐波减速器解决行业痛点，但性能方面仍存在上升空间

从根本解决传统减速器最大痛点，但行业应用中仍然存在短板。传统减速器最大的行业痛点系回差大、定位误差高，长期作业后容易出现机器人走位偏移、重复作业精度不足的问题，直接影响设备控制系统的稳定性，无法适配精密生产场景。而**谐波减速器凭借低背隙的核心特性，从根源上解决了这一难题，让机械臂、协作机器人、人形机器人能够实现微米级高精度重复定位，稳定适配精密抓取、精细装配、精准对位等高端作业场景。**然而，谐波减速器由于性能限制、成本高昂等因素仍然存在短板。

谐波减速器痛点

不利因素	描述
抗冲击能力与使用寿命有限，温升压力明显	柔轮是其核心，常用特殊渗碳钢或高强度钛合金（如TC4）制成。但在实际使用中，柔轮的变形会引发动态刚度波动，影响机器人运动的平滑性。此外，其寿命测试标准通常为百万次启停寿命，但长时间在高频、高负载下运行，柔轮容易因金属疲劳而失效。在低温环境下，柔轮材料的刚度也会明显衰减，直接影响机器人的户外适应性。
特殊作业环境下无法瞬时响应	由于核心传动依靠柔轮弹性形变完成，谐波减速器存在扭转柔性滞后的特性。在低扭矩、高速动态往返、精准力控等特殊作业场景中，输出端无法像刚性传动部件一样瞬时响应。
核心工艺门槛高，批量一致性难	谐波减速器的性能高度依赖柔轮薄壁成形与热处理、齿形精密加工、装配同轴度与啮合精度控制等环节，任何微小偏差都可能放大为回程间隙、传动误差、噪声振动或寿命波动。行业从“样机可用”到“批量稳定”往往需要长周期的工艺迭代与质量体系建设，尤其在高精度、高扭矩密度型号上，良率爬坡难、批次一致性控制难，导致交付能力与口碑建立周期较长。
高端客户验证周期长，导入壁垒高	工业机器人、半导体与面板设备等下游对可靠性、寿命、稳定性要求严格，导入通常需要经历多轮性能测试、寿命试验、整机联调与现场验证，周期长且投入大。即便通过验证，也可能面临小批量起量、逐步放量的节奏，短期难以快速贡献规模；同时一旦客户已有成熟供应体系，新进入者切换难度高，容易出现“能进名单、难上量”的情况。
原材料与关键零部件成本波动	谐波减速器涉及高性能合金钢、热处理与表面处理等多环节，且波发生器、轴承等关键部件对精度与寿命影响显著，整体成本仍然较高。若上游材料价格、热处理能耗或关键配套件价格波动，将直接影响制造成本与毛利稳定性；在下游议价能力较强或价格竞争加剧的背景下，成本传导不顺畅可能压缩盈利空间。

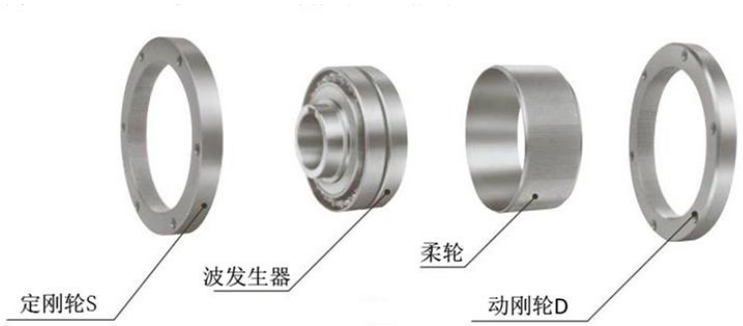
资料来源：谈思人形机器人、QYResearch、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

2.5、双刚轮为谐波减速器新一代技术方向，国内厂商已有布局

双刚轮谐波减速器具有抗冲击能力强、刚度大、体积小、易加工等优点，常应用于排险排爆机器人、导弹舵机等领域。缺点在于两对齿轮啮合导致了其比一般谐波减速器传动精度低、理论回差大。双刚轮与单刚轮谐波减速器的主要区别在于，波发生器上的刚轮、柔性薄壁轴承均由1个增加为2个。**其中一个刚轮与单刚轮谐波减速器的刚轮结构相同，比柔轮多2个齿；而另一个刚轮与柔轮的齿数相同，因此不会产生与柔轮的相对旋转，而是与柔轮以相同的速度旋转，其作用为取代单刚轮谐波减速器中杯型或礼帽柔轮的法兰面，从而使得柔轮演变为直筒型结构。目前，国内来福谐波、科峰传动、昊志机电、捷昌驱动等厂商已有相关产品布局。**

双刚轮谐波减速器基本构造



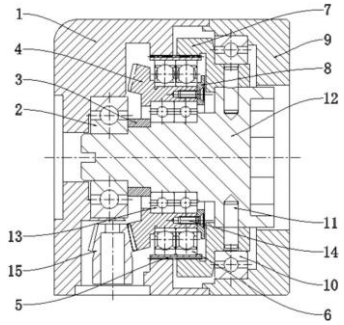
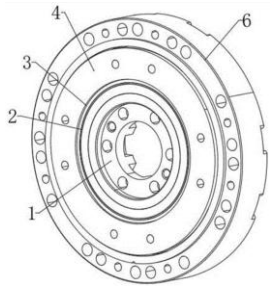
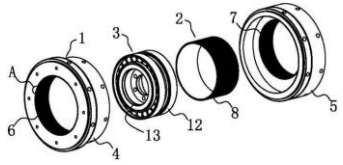
双刚轮谐波减速器相较于单刚轮减速器所具有的优缺点

优点	描述
抗冲击性能大幅提高	单刚轮谐波减速器杯型或礼帽型柔轮齿部圆环面和法兰面存在90°的转角，此转角处为该柔轮最为薄弱的地方，抗冲击能力差，极容易在瞬间较大的扭矩作用下发生扭曲变形。双刚轮谐波减速器由于采用动刚轮取代了柔轮的法兰面，柔轮演变为直筒型结构，因此规避了单刚轮柔轮的90°转角，柔轮的抗冲击性能大大提高，并且使用寿命也有所延长。
刚度提高	波发生器上的柔性薄壁轴承由1个增加为2个，并且柔性壁厚可以增加，提升了谐波减速器的承载能力。
柔轮加工难度下降	相对于杯型或礼帽型柔轮，直筒型柔轮的加工难度和制造成本均有所降低。
装配简单	装配简单。柔轮与两个刚轮均存在可调间隙，使得减速器装配变得更为容易。
体积更小	体积更小。双刚轮谐波减速器结构更为紧凑，体积可以做的更小。
缺点	**描述**
理论回差略大	单刚轮谐波仅有一对齿啮合，双刚轮谐波有两对齿啮合，导致双刚轮谐波从理论上分析回差略大
传动效率略低	双刚轮谐波有两个变形的柔性轴承和两对齿啮合，因而摩擦力增大，效率比单刚轮谐波减速器低3%~5%。
材料成本增加	相比单刚轮谐波减速器，双刚轮谐波减速器需要多一个柔性薄壁轴承和一个刚轮零件，相应的材料成本略有增加。

资料来源：顾京君《双刚轮谐波减速器传动中扭转刚度及动力学问题研究》、华鑫证券研究

2.5、双刚轮为谐波减速器新一代技术方向，国内厂商已有布局

双刚轮谐波减速器相关专利

标题	摘要	主权项
 一种高扭矩双刚轮结构谐波减速器 **申请人：湖北科峰智能传动股份有限公司**	本实用新型公开了一种高扭矩双刚轮结构谐波减速器，涉及减速器技术领域，包括减速器壳体、齿轮传动结构和谐波减速结构，减速器壳体包括底壳和侧壳体，侧壳体安装在底壳的开口侧；齿轮传动结构包括小锥齿轮和大锥齿轮，小锥齿轮插设在底壳外侧且与底壳转动连接，大锥齿轮安装在底壳和侧壳体内。该高扭矩双刚轮结构谐波减速器通过齿轮传动结构中小锥齿轮和大锥齿轮的设置，能够使得减速结构满足两垂直结构的传动连接需求，且通过双刚轮结构的设置不仅提高了整体结构的刚性，增强了抗变形能力，还有效提升了传动速比和结构稳定性，能够在有效减小振动和噪音的情况下使减速器适用于高负载高精度的使用场合。	1.一种高扭矩双刚轮结构谐波减速器，其特征在于，包括： 减速器壳体，包括底壳（1）以及安装在所述底壳（1）开口侧的侧壳体（9）； 齿轮传动结构，包括插设在所述底壳（1）外侧且与所述底壳（1）转动连接的小锥齿轮（15）以及水平安装在所述底壳（1）和所述侧壳体（9）内的大锥齿轮（4），所述大锥齿轮（4）与所述小锥齿轮（15）啮合； 谐波减速结构，包括转动安装在所述底壳（1）和所述侧壳体（9）内的输出轴（12）、套设在所述大锥齿轮（4）外侧的柔轮（5）、两个安装在所述柔轮（5）和所述大锥齿轮（4）之间的柔性轴承（6）以及安装在所述输出轴（12）外侧的输出刚轮（7），所述大锥齿轮（4）与所述输出轴（12）转动连接，所述底壳（1）的内侧设置有与所述柔轮（5）啮合的第一内齿圈，所述输出刚轮（7）的内侧设置有与所述柔轮（5）啮合的第二内齿圈。
 一种高倾覆且不同游隙的双钢轮谐波减速器结构 **申请人：浙江丰立智能科技股份有限公司**	本发明提供一种高倾覆且不同游隙的双钢轮谐波减速器结构，属于谐波减速器配件技术领域，包含波发生器，波发生器的外侧安设着薄壁柔轮，波发生器与薄壁柔轮间经由一对旋转衔接件相连，薄壁柔轮的外侧安设着刚轮S与刚轮D，刚轮S与刚轮D并排而设，刚轮S与刚轮D的外侧安设着双列交叉滚子。本发明解决了现有谐波减速器的双刚轮交叉滚子为单列滚子，其动、定刚轮的游隙是保持一致的，在目前的机器人市场应用场景越来越广泛的前景下，已无法满足工业机器人和人形机器人等不同工况的精度和扭矩要求的问题。	1.一种高倾覆且不同游隙的双钢轮谐波减速器结构，包含波发生器，其特征在于，波发生器的外侧安设着薄壁柔轮，波发生器与薄壁柔轮间经由一对旋转衔接件相连，薄壁柔轮的外侧安设着刚轮S与刚轮D，刚轮S与刚轮D并排而设，刚轮S与刚轮D的外侧安设着双列交叉滚子。
 一种人形机器人用双钢轮谐波减速器及人形机器人 **申请人：广东良质关节科技有限公司**	本发明涉及谐波减速器技术领域，尤其公开了一种人形机器人用双钢轮谐波减速器及人形机器人，包括钢轮组件、柔轮组件及波发生器；所述钢轮组件包括第一钢轮、第二钢轮，第一钢轮与第二钢轮为环形结构，柔轮组件置于第一钢轮和第二钢轮的环形容置腔内，第一钢轮的内侧形成有第一内齿结构，第二钢轮的内侧形成有第二内齿结构，柔轮组件为环形结构，柔轮组件外侧形成有与第一内齿结构、第二内齿结构相啮合的外齿结构，第一内齿结构和/或第二内齿结构与外齿结构存在齿数差，波发生器与柔轮组件配合使用，波发生器经由柔轮组件驱动第一钢轮和/或第二钢轮啮合传动。本发明通过双钢轮结构，小型化和轻量化的同时，保持谐波减速器的性能。	1.一种人形机器人用双钢轮谐波减速器，其特征在于：包括钢轮组件(1)、柔轮组件(2)及波发生器(3)；所述钢轮组件(1)包括第一钢轮(4)、第二钢轮(5)，第一钢轮(4)与第二钢轮(5)为环形结构，柔轮组件(2)置于第一钢轮(4)和第二钢轮(5)的环形容置腔内，第一钢轮(4)的内侧形成有第一内齿结构(6)，第二钢轮(5)的内侧形成有第二内齿结构(7)，柔轮组件(2)为环形结构，柔轮组件(2)外侧形成有与第一内齿结构(6)、第二内齿结构(7)相啮合的外齿结构(8)，第一内齿结构(6)和/或第二内齿结构(7)与外齿结构(8)存在齿数差，波发生器(3)与柔轮组件(2)配合使用，波发生器(3)经由柔轮组件(2)驱动第一钢轮(4)和/或第二钢轮(5)啮合传动。

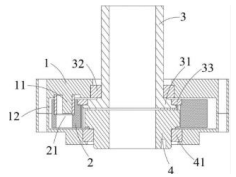
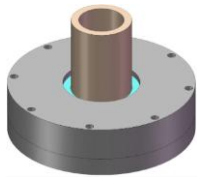
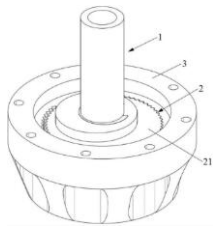
资料来源：专利之星、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

2.6、星轮减速器采用少齿差行星传动结构，优势显著

辉星动力主要聚焦于电机电控、人工智能应用软件开发、齿轮及齿轮减速变速箱制造等业务。其核心团队创始人郑元芳是美国双足机器人领域的奠基人之一，于1986年研制出美国首台双足行走机器人CURBi；2004-2005年，被美国国家基金会（NSF）、宇宙宇航局（NASA）和国家健康总署（NIH）聘为专家组成员（全美共8位）；2017年发明了一种用于机器人关节的新型减速器，荣获美国俄勒冈州立大学年度创新者奖。辉星动力实控人李诗濛是郑元芳学生，此前已成功实现在40毫米直径下达到376的减速比的原理机，目前在研某型号产品传动效率可达92%，能够显著降低电机发热与能耗。其在郑元芳教授所发明的“Circular Wave Drive”基础上进行改进而发明了星轮减速器，采用了不常用的少齿差行星传动结构，在齿廊上进行了独创设计以消除干涉并改善齿面的受力状况。

辉星动力专利

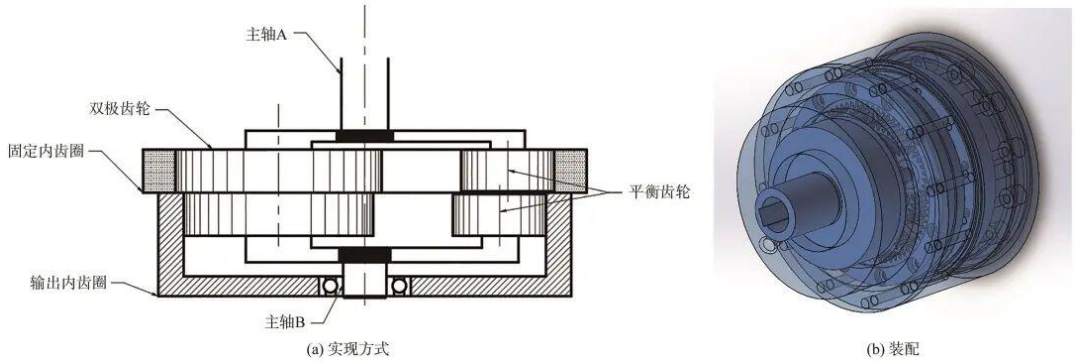
标题	摘要	主权项
 新型的输入摆动式减速器及其使用方法以及机器人（发明）	本发明属于传动装置技术领域，具体涉及一种新型的输入摆动式减速器及其使用方法以及机器人，本新型的输入摆动式减速器包括：外壳；内齿套，设置在外壳内，其上沿轴向开设有至少三个限位孔；一个输入轴，其上具有偏心部，所述偏心部与内齿套的轴心处转动连接；输出外齿轮，转动设置在外壳上，与输入轴同轴设置且与内齿套啮合；其中所述外壳上设置有至少三个销柱，各所述销柱分别伸入相应限位孔中；所述输入轴适于通过自转带动内齿套摆动以使输出外齿轮自转；本新型的输入摆动式减速器及其使用方法以及机器人通过设置一个输入轴，使其上的偏心部与销柱相配合即可实现内齿套的摆动从而使内齿套带动与之啮合的输出外齿轮自转。	1. 一种新型的输入摆动式减速器，其特征在于，包括： 外壳（1）；内齿套（2），设置在外壳（1）内，其上沿轴向开设有至少三个限位孔（21）； 一个输入轴（3），其上具有偏心部（31），所述偏心部（31）与内齿套（2）的轴心处转动连接； 输出外齿轮（4），转动设置在外壳（1）上，与输入轴（3）同轴设置且与内齿套（2）啮合；其中 所述外壳（1）上设置有至少三个销柱（11），各所述销柱（11）分别伸入相应限位孔（21）中； 所述输入轴（3）适于通过自转带动内齿套（2）摆动以使输出外齿轮（4）自转。
 减速器（外观）	1. 本外观设计产品的名称：减速器。;2. 本外观设计产品的用途：用于使工业机器人、机床等的电动机等旋转驱动源的旋转减速的减速器。;3. 本外观设计产品的设计要点：在于形状。;4. 最能表明设计要点的图片或照片：立体图1。	
 减速器以及应用有该减速器的机器人（实用新型）	本实用新型属于传动技术领域，具体涉及一种减速器以及应用有该减速器的机器人，本减速器包括：偏心轴，其包括：输入部和偏心部；外齿轮组，套设在偏心部上，其包括：第一外齿轮和第二外齿轮；固定内齿圈，套设在外齿轮组的外围，与第一外齿轮啮合；输出内齿轮，转动设置在固定内齿圈内，与第二外齿轮啮合；其中，所述输入部、固定内齿圈和输出内齿轮同轴设置，所述偏心部上套设有至少一个平衡配重块；本减速器以及应用有该减速器的机器人通过设置平衡配重块，使平衡配重块公转产生的偏心力来抵消第一外齿轮和第二外齿轮公转时产生的偏心力，从而使得减速器动平衡。	1. 一种减速器，其特征在于，包括： 偏心轴（1），其包括：输入部（10）和偏心部（11）； 外齿轮组（2），套设在偏心部（11）上，其包括：第一外齿轮（21）和第二外齿轮（22）； 固定内齿圈（3），套设在外齿轮组（2）的外围，与第一外齿轮（21）啮合；输出内齿轮（4），转动设置在固定内齿圈（3）内，与第二外齿轮（22）啮合； 其中，所述输入部（10）、固定内齿圈（3）和输出内齿轮（4）同轴设置，所述偏心部（11）上套设有至少一个平衡配重块（12）。

资料来源：专利之星、华鑫证券研究

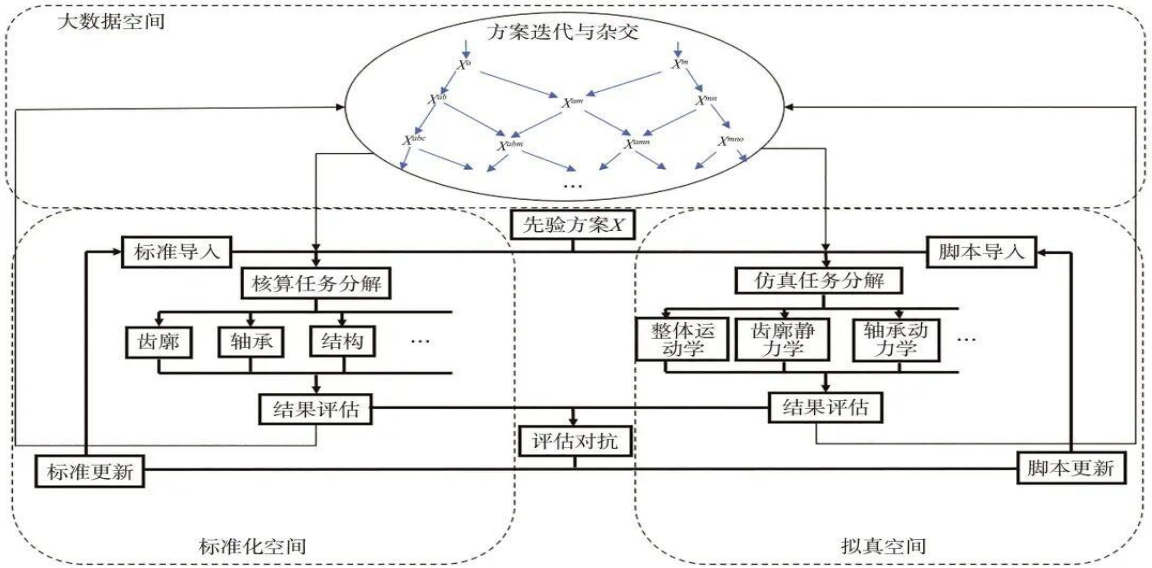
2.6、星轮减速器采用少齿差行星传动结构，优势显著

星轮减速器为新型减速器的一种，具备优异的设计灵活性与应用潜力。其尺寸最小可控制在50毫米以内，传动比范围宽达1 ~ 10,000，且多齿啮合特性使其动作精密度接近零回差。结构上，星轮减速器采用类似行星齿轮系的“上下游型设计”，无摆线针轮、针齿或柔性机构，上游材料与工艺要求较低，成本控制优势明显。**性能方面，其刚性结构在寿命与刚度上可超越谐波减速器。下游应用上，星轮减速器能同时满足大型与小型机器人关节需求，弥补了RV不适用小型、谐波不适用大型的市场空白。**星轮减速器是典型的非标方案，其最大的难点在于无法借鉴已有的设计标准与设计思路，在平行制造中，可以通过ACP方法加以解决。

星轮减速器的一种实现方式与装配示意



星轮减速器的平行设计解决方案流程



资料来源：李诗濛《平行设计：面向平行制造体系的非标机械方案设计流程》、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

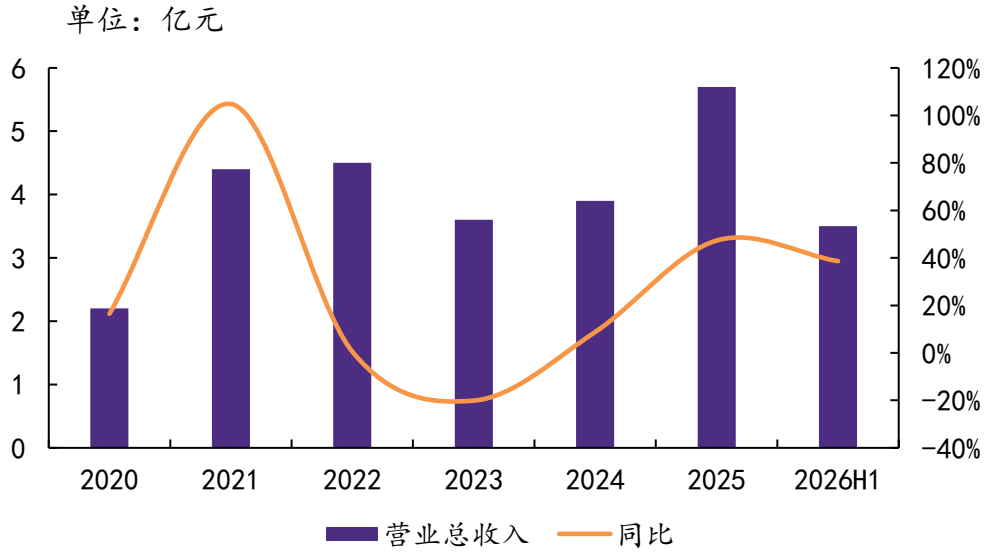
03 推荐关注标的

研究创造价值

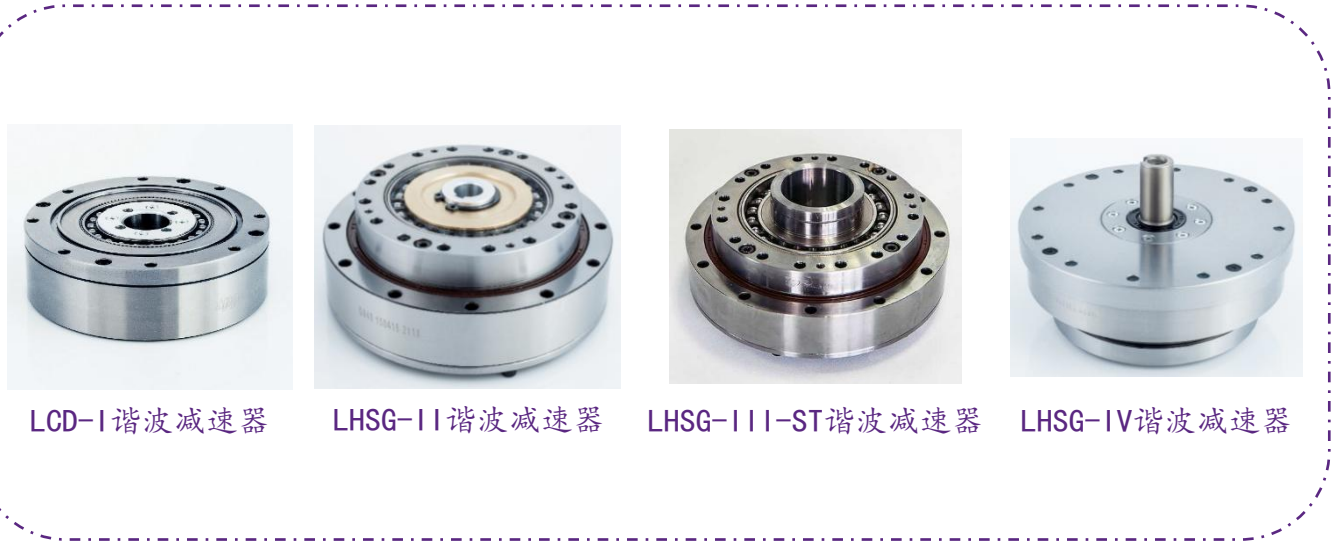
3.1、绿的谐波：国内谐波减速器龙头企业，主营业务稳步增长

产品性能对标国际头部品牌，谐波减速器国内市占率位居首位。公司发展完善了新一代谐波啮合“P齿形”设计理论体系、三次谐波技术等核心技术，产品广泛应用于智能机器人、汽车、半导体生产设备等。公司通过自研技术绕开老牌谐波减速器企业哈默纳科的专利壁垒，产品性能对标国际一线水平，**达成国内销售额市占率27.6%。**产能方面，公司2025年产能利用率较2024年提升25.1个百分点，**产量从25.17万台增至43.37万台，同比增长72.3%。**客户方面，其谐波减速器产品主要终端客户包括新松机器人、华数机器人、新时达、埃夫特、Universal Robots、Kollmorgen等国内外知名企业。

绿的谐波营业总收入及同比增长率



绿的谐波减速器产品



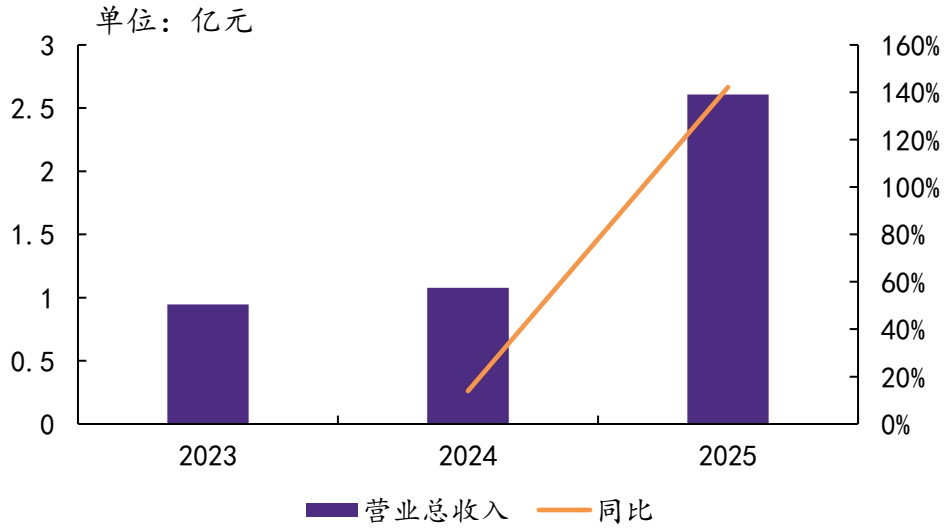
资料来源：iFinD、绿的谐波官网、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

3.2、来福谐波：国内谐波减速器领先厂商，持续加码人形机器人领域

谐波减速器快速放量，产品矩阵向关节模组和自动化工作站延伸。公司是机器人精密传动核心部件提供商，产品覆盖谐波减速器、关节模组、机械臂及自动化工作站，主要应用于人形机器人和工业机器人领域。公司构建了覆盖热处理、精密加工、齿轮生产、轴承制造及表面处理等环节的全流程自主生产体系，外协依赖度较低。**公司谐波减速器尺寸覆盖13-246毫米，可实现±15角秒的定位精度，使用寿命超过10,000小时，**核心性能比肩海外领先制造商。公司谐波减速器月度设计产能由2023年1月的1.34万台提升至2025年12月的3.96万台，面积约4.7万平方米的新生产基地已于2025年8月投产。**2025年公司出货量为29.1万台，在中国机器人领域谐波减速器销售额排名第二，市场份额为12.9%，**机器人客户包括宇树科技、智元机器人、优必选等企业。2023-2025年公司毛利率分别为29.5%、24.1%、25.6%。

来福谐波营业总收入及同比增长率



来福谐波产品

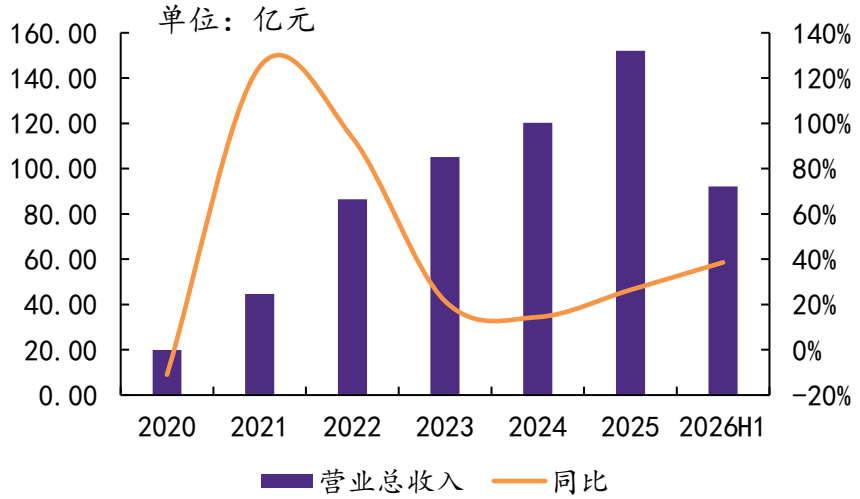


资料来源：choice、来福谐波招股书、来福谐波公司官网、华鑫证券研究

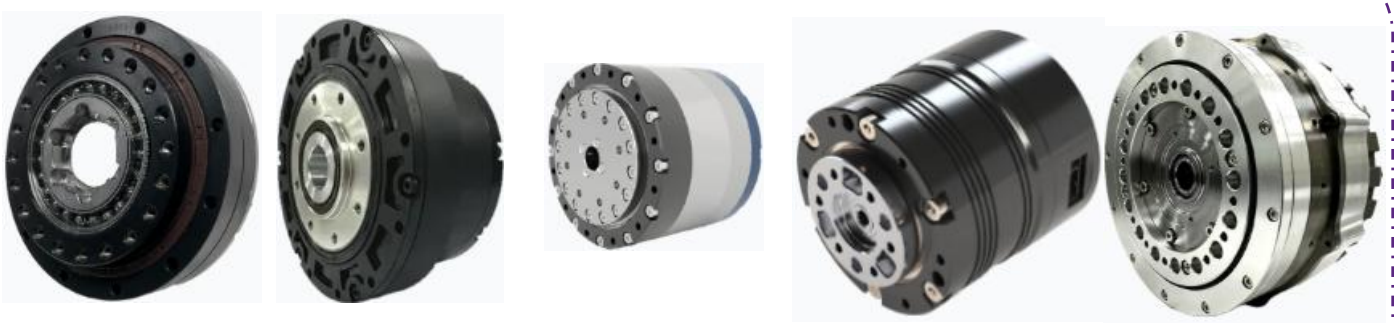
3.3、科达利：主业稳健增长，减速器+关节模组培育第二成长曲线

动力电池精密结构件领先企业，依托精密制造能力布局人形机器人核心零部件。公司产品主要涵盖新能源汽车动力电池精密结构件、储能电池精密结构件、消费类电池精密结构件及汽车零部件。公司切入人形机器人核心零部件领域，形成了以减速器为主的旋转关节、以丝杠为主的直线关节和灵巧手三大产品方向。公司主要通过与相关合作方设立合资公司的方式推进机器人业务，将合作方的技术积累与自身在金属精密制造、规模化量产及成本控制等方面的能力相结合。**公司持股40%、台湾盟立持股34%、台湾盟英持股10%的子公司科盟创新当前主要聚焦高精度谐波减速器的研发与生产，并计划进一步向驱动器、控制器等关节模组配套组件延伸。公司拟与台湾盟立、台湾盟英共同在泰国设立控股子公司，并投资建设谐波减速机生产基地**，其中**公司、台湾盟立和台湾盟英的出资比例分别为51%、39%和10%。**

科达利营业总收入及同比增长率



科达利产品



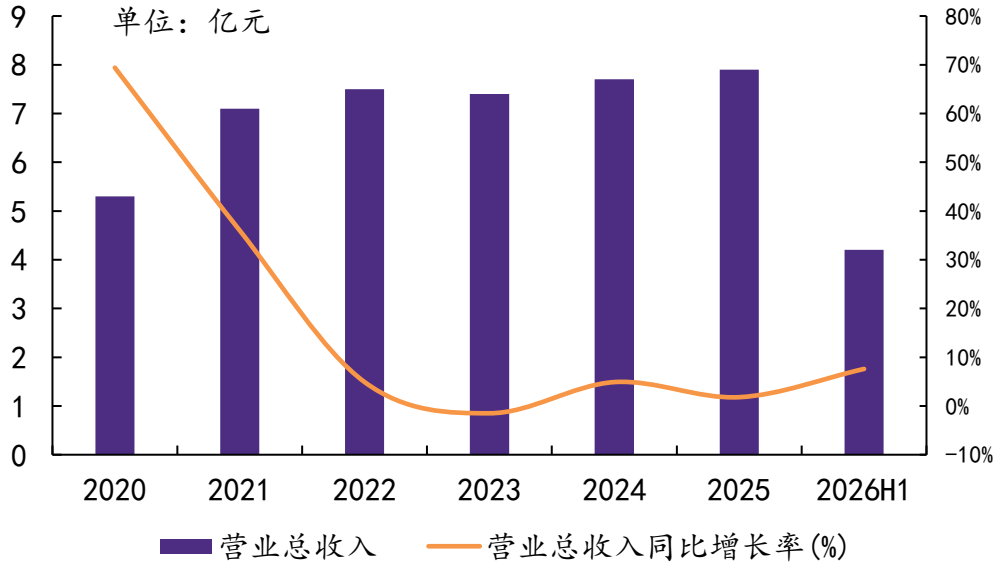
资料来源：iFinD、科盟创新公司官网、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

3.4、斯菱智驱：以汽车轴承主业为基石，向机器人减速器领域延伸

布局谐波减速器领域，客户资源优质。2024年4月，公司成立机器人零部件事业部，投入1.17亿元实施机器人零部件智能化技术改造项目，重点布局谐波减速器、执行器模组等机器人核心零部件，计划在新昌县打造产线。2025年H1投资建设第二条产线，机器人零部件产品（含谐波减速器、执行器模组及机器人减速器专用轴承）已进入小批量生产阶段。2025年11月，公司通过出资宁波银球科技股份有限公司，切入其主要客户群体供应链，包括国内外知名的家电制造企业及工业电机制造企业，如戴森、尼得科、美的集团、卧龙电驱、格力集团等。

斯菱智驱营业总收入及同比增长率



斯菱智驱产品



三代轮毂轴承单元



锥结构轮毂轴承



执行器模组



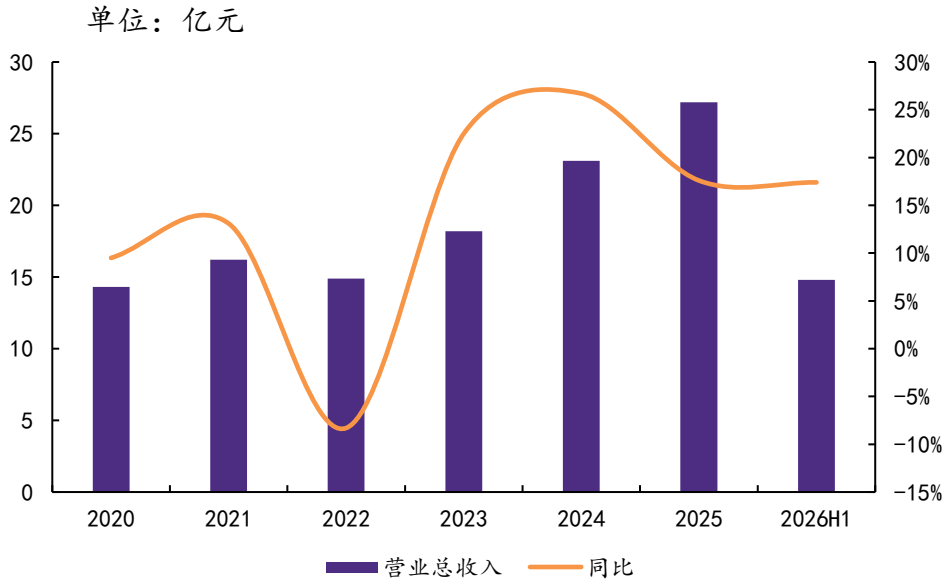
谐波减速器

资料来源： iFinD、斯菱智驱官网、华鑫证券研究

3.5、光洋股份：汽车轴承小巨人，业务延伸至人形机器人

聚焦减速器核心零部件，切入机器人赛道。公司主要产品包括滚针轴承、交叉滚子轴承、圆柱滚子轴承等，产品广泛应用于汽车发动机、变速器、电机、减速机、机器人关节减速器等重要总成。目前，公司正全面切入机器人及 AI 应用领域，在持续强化传统汽车零部件业务的同时，锚定机器人、低空经济、AI 应用三大突破方向。机器人业务方面，公司围绕机器人专用轴承、关节模组、整机制造三大方向纵深推进，核心产品包括交叉滚子轴承、四点接触球轴承、微型球轴承、连杆轴承、角接触球轴承、销轴滚针轴承、减速机等，已成功进入极亚精机、库卡、华沿、环动、玄创、逐际动力等知名机器人及减速器企业的供应链体系。

光洋股份营业总收入及同比增长率



光洋股份产品


角接触轴承


组合轴承


四点球轴承


滚针、滚子

资料来源：wind、光洋股份官网、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

3.6、科峰智能：聚焦精密行星减速器，拓展机器人核心部件

精密行星减速器国内头部企业，围绕机械传动与控制核心零部件持续拓展产品品类。公司主要从事机械传动与控制应用领域关键零部件的研发、生产和销售。公司在高精密齿轮加工、模块化产品设计与制造、热处理等领域形成技术积累，并建立了精密行星减速器、工程机械用行星减速器、谐波减速器、精密零部件及其他产品组成的产品体系，主要应用于移动机器人、新能源设备、高端机床、电子设备和智能交通等领域。2022年科峰智能精密行星减速器销售金额在全球市场占比5.4%排名第五、中国市场占比11.7%排名第二，国产品牌第一。公司与海康智能、快仓科技、新松机器人、国自机器人、库卡、ABB、海目星、华工法利莱、中铁工程装备、唐兴装备、海瑞克、中电建设计院等企业建立了长期的合作关系，产品最终应用于先导智能、宁德时代等行业龙头企业。

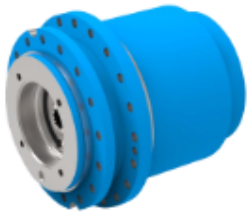
科峰智能减速器产品



精密行星减速器



谐波减速器



工程机械用行星减速器

科峰智能其他产品



AGV用系列产品



丝杠类系列产品



伺服电动缸



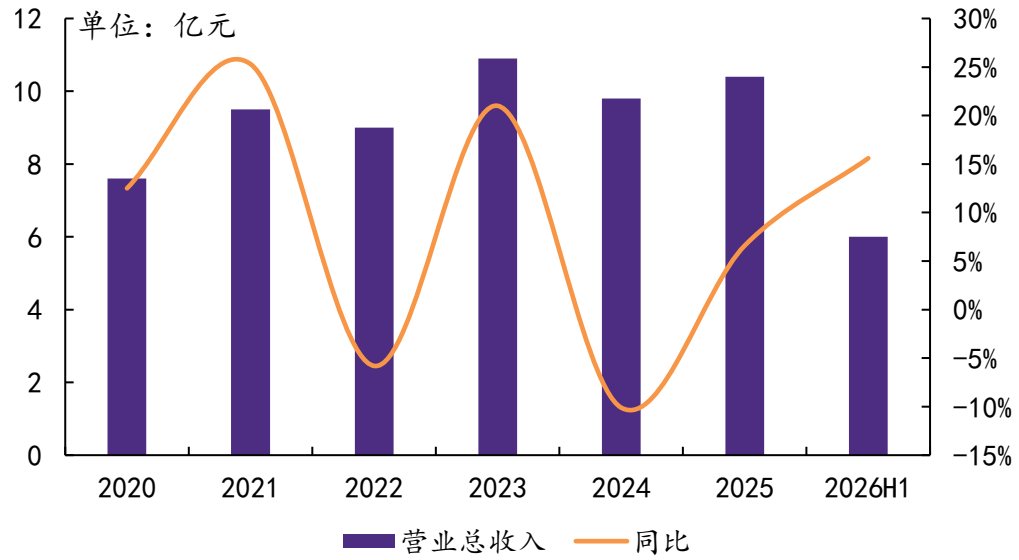
机电一体化产品

资料来源：科峰智能官网、华鑫证券研究

3.7、中大力德：深耕精密传动领域，完善机器人核心部件布局

覆盖行星、RV与谐波精密减速器，从单一部件向机电一体化拓展。公司从事机械传动与控制应用领域关键零部件的研发、制造、销售和服务，产品体系以电机驱动、微特电机和精密减速器三类核心零部件为基础，形成了近千个产品品种，并围绕工业自动化和机器人领域构建了“减速器＋电机＋驱动器”一体化产品架构。公司在小型和微型减速电机领域已在国内市场建立起显著竞争优势，市场地位稳固，同时也是国内少有实现行星、RV、谐波三类精密减速器批量生产的企业之一。公司产品应用于机器人、工作母机、智能物流、新能源设备、3C电子、医疗设备、制药机械和食品包装设备等领域，终端客户包括海康威视、上海快仓、智元机器人和傅利叶等企业。

中大力德营业总收入及同比增长率



中大力德产品



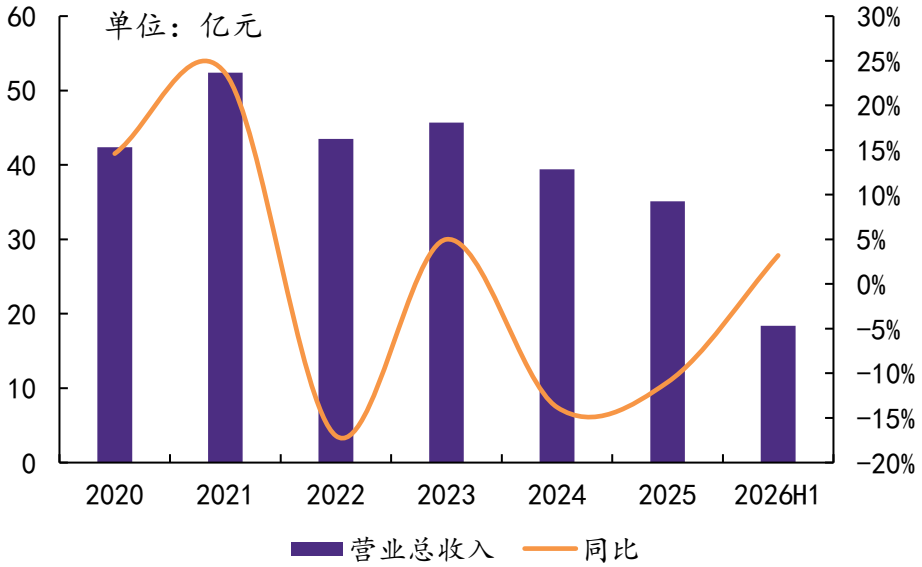
资料来源： iFinD 、中大力德官网、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

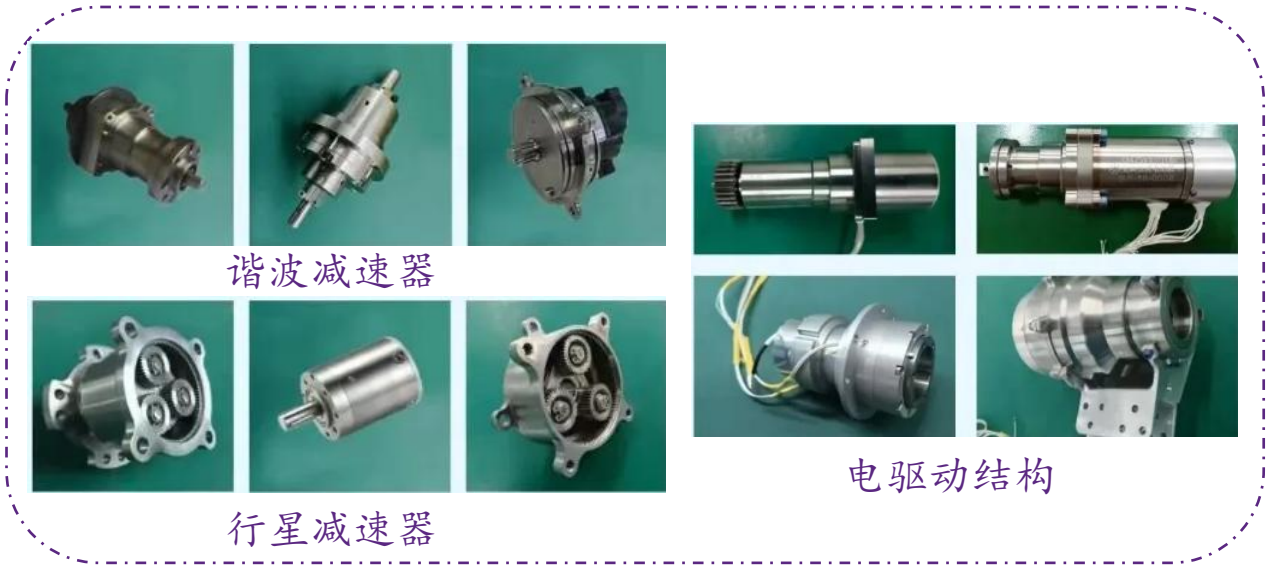
3.8、飞亚达：收购长空齿轮，切入精密减速器行业

钟表主业提供经营基础，收购长空齿轮拓展精密齿轮与减速器业务。公司已形成手表自有品牌与名表全面服务相互促进的核心业务布局，积极培育精密科技等新兴产业业务。公司现有精密科技业务订单主要来自激光器和光通信领域，正在向航空航天、医疗器械及机器人等行业拓展。**2026年7月，公司以现金32,479.04万元收购陕西长空齿轮有限责任公司100%股权，长空齿轮成为公司全资子公司。**长空齿轮在精密零部件领域具备齿轮加工、检测、热表处理以及齿轮箱装配、检测和试验等工艺与制造能力。长空齿轮产品包括各类中小模数齿轮，以及谐波减速器、行星减速器、蜗轮蜗杆减速器和平行轴减速器等产品，主营产品主要应用于航空航天、工程机械及高端装备领域，积极拓展机器人领域。

飞亚达营业总收入及同比增长率



飞亚达产品

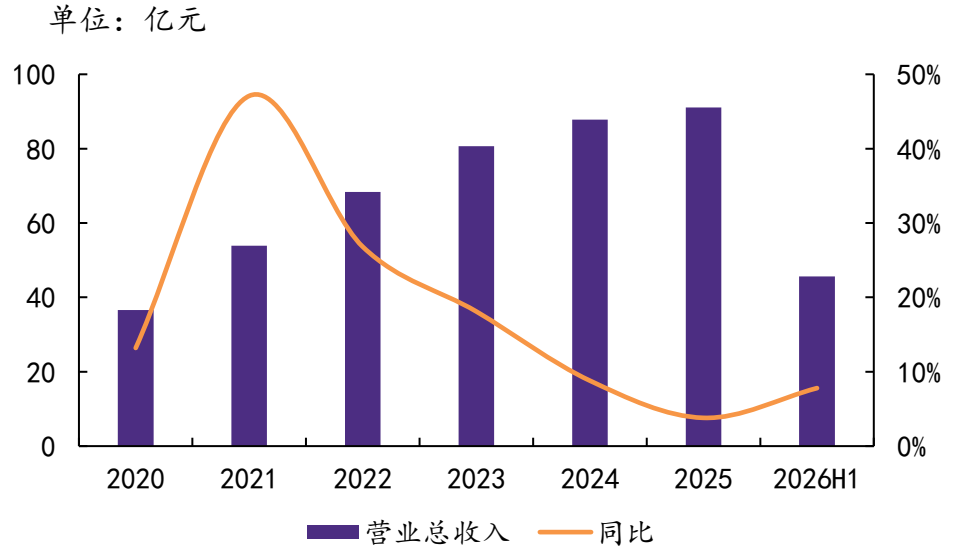


资料来源：choice、航空工业长空齿轮、华鑫证券研究

3.9、双环传动：聚焦精密传动齿轮，RV减速器市占率国内第二

以齿轮业务为基石，向新能源和机器人减速器方向转型。中国精密传动齿轮领域的民营龙头，产品覆盖燃油车手动及自动变速箱齿轮、新能源DHT及纯电减速器齿轮、商用车AMT齿轮等八大业务板块，凭借技术、成本、销售服务等多元优势，主要客户有丰田、大众、比亚迪等头部车企。2020年内部孵化成立子公司环动科技，专注高精密减速器的设计、研发与生产。双环传动主要产品为RV 减速器，同时布局谐波减速器及精密传动配件，产品覆盖3-1000KG负载机器人所需的高精密减速器整体方案，形成设计、制造、装配、检测全闭环体系，全方位满足客户需求。2024年RV减速器销量达11.7万台，国内市占率24.98%，位列国产第一，仅次于日本纳博特斯克。

双环传动营业总收入及同比增长率



双环传动产品



小螺伞齿轮

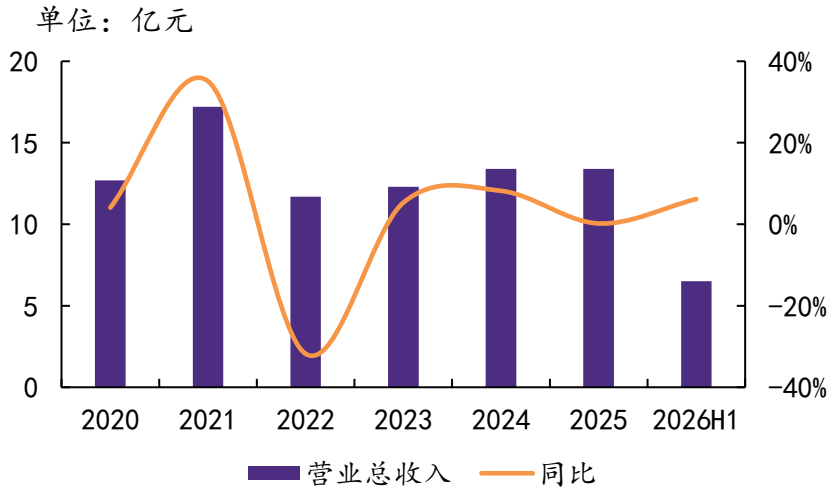
资料来源：iFinD、双环传动官网、华鑫证券研究

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

3.10、凯迪股份：线性驱动行业龙头，布局人形机器人领域

深耕线性驱动系统领域三十余载，积极切入机器人领域。公司产品主要由电动推杆、手控器、电器盒等部件组成，广泛应用于智能家居、智慧办公、医疗康护、汽车零部件四大领域。目前，公司自研开发了适用于人形机器人、工业及服务机器人的外转子电机、无框力矩电机、减速器、旋转与线性关节模组；出资1600万元投资墨的智能（占股16%），共同研发机器人关节模组等产品；同期出资1000万元投资辉星动力（占股10%）聚焦星轮减速器等相关产品；且已完成工业减速机、行星减速机产品规划，并完成相关产品送样。同属常州市凯中投资有限公司控股的兄弟公司凯卓威则专注于精密齿轮减速电机及智能传动解决方案，为凯迪股份提供了成熟、大规模的减速器产能和技术储备，其位于常州金坛的精密减速机制造一期项目已于2024年底竣工，全面达产后可年产减速机40万台、精密行星减速机100万台。

凯迪股份营业总收入及同比增长率



凯迪股份兄弟公司凯卓威产品



KGM R斜齿轮减速电机



KGM F斜齿轮 平行轴减速电机

资料来源：iFinD、kdraive、华鑫证券研究

1、产业生产和需求不及预期

2、地缘政治风险

3、新业务进展不及预期

4、原材料价格上涨风险

5、项目进度低于预期风险

6、汇率波动风险

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

林子健：厦门大学硕士，自动化/世界经济专业，CPA。9年汽车行业研究经验，兼具买方和卖方研究视角。立足产业，做深入且前瞻的研究，覆盖人形机器人行星滚柱丝杠、线性关节模组、灵巧手以及传感器等领域。

程晨：上海财经大学金融硕士，2024年加入华鑫证券，研究方向汽车&人形机器人板块。

钱臻：伦敦大学学院本科及硕士，2025年加入华鑫证券。

证券分析师承诺

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

免责条款

华鑫证券有限责任公司（以下简称“华鑫证券”）具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。本报告由华鑫证券制作，仅供华鑫证券的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告中的信息均来源于公开资料，华鑫证券研究部门及相关研究人员力求准确可靠，但对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。我们已力求报告内容客观、公正，但报告中的信息与所表达的观点不构成所述证券买卖的出价或询价的依据，该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时结合各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就财务、法律、商业、税收等方面咨询专业顾问的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，华鑫证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露。

本报告中的资料、意见、预测均只反映报告初次发布时的判断，可能会随时调整。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。在不同时期，华鑫证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。华鑫证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本报告版权仅为华鑫证券所有，未经华鑫证券书面授权，任何机构和个人不得以任何形式刊载、翻版、复制、发布、转发或引用本报告的任何部分。若华鑫证券以外的机构向其客户发放本报告，则由该机构独自为此发送行为负责，华鑫证券对此等行为不承担任何责任。本报告同时不构成华鑫证券向发送本报告的机构之客户提供的投资建议。如未经华鑫证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。华鑫证券将保留随时追究其法律责任的权利。请投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的华鑫证券研究报告。

证券投资评级说明

股票投资评级说明：

	投资建议	预测个股相对同期证券市场代表性指数涨幅
1	买入	>20%
2	增持	10%—20%
3	中性	-10%—10%
4	卖出	<-10%

行业投资评级说明：

	投资建议	行业指数相对同期证券市场代表性指数涨幅
1	推荐	>10%
2	中性	-10%—10%
3	回避	<-10%

以报告日后的12个月内，预测个股或行业指数相对于相关证券市场主要指数的涨跌幅为标准。

相关证券市场代表性指数说明：A股市场以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以道琼斯指数为基准。

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net



华鑫证券
CHINA FORTUNE SECURITIES

研究创造价值

报告编号：260911122023