

减速器：人形机器人核心零部件，国产替代加速

原创 来觅研究院 RimeData 来觅数据

撰稿 梁秋兰 2024-11-15



导读：近一年来，人形机器人的应用场景持续拓宽，例如，OpenAI 投资的 1X Technologies 旗下人形机器人与网红厨师比拼厨艺，成功煎制五分熟牛排；由北京市经济和信息化局、北京经济技术开发区管委会指导的全球首个人形机器人马拉松比赛发布了“人形机器人马拉松征集令”，将在 2025 年 4 月开赛。可见，人形机器人正不断进入人类的日常生活中。在人形机器人中，减速器是核心零部件之一。减速器的发展现状如何？在人形机器人中的价值量占比如何？投融资情况如何？本文尝试分析和探讨。

为什么减速器是关键？

减速器又称减速机，是一种常用的机械装置，通常用于将输入轴的高转速转换为输出轴的低转速，同时增加输出扭矩。减速器主要通过齿轮、蜗杆、行星齿轮等传动机构来实现这一功能。按照构架和传动原理的不同，减速器可分为通用减速器、专用减速器、精密减速器，其中精密减速器具有体积小、重量轻、精度高、使用寿命长、稳定性高等特点，可对机械传动实现精准控制，主要应用于人形机器人等高端制造领域。

按应用场景的不同，精密减速器可分为精密行星减速器、谐波减速器、RV 减速器。这三类减速器在人形机器人细分领域的应用情况如下：

(1) 精密行星减速器：该类减速器的核心传动部件是行星齿轮组，依托纯齿轮机构运行，通过齿轮间的

力矩实现减速效果。精密行星减速器具有高刚性、高精度、高传动效率、体积小、终身免维护等特点，通常应用于人形机器人的关节传动、手臂运动和步态控制等方面。

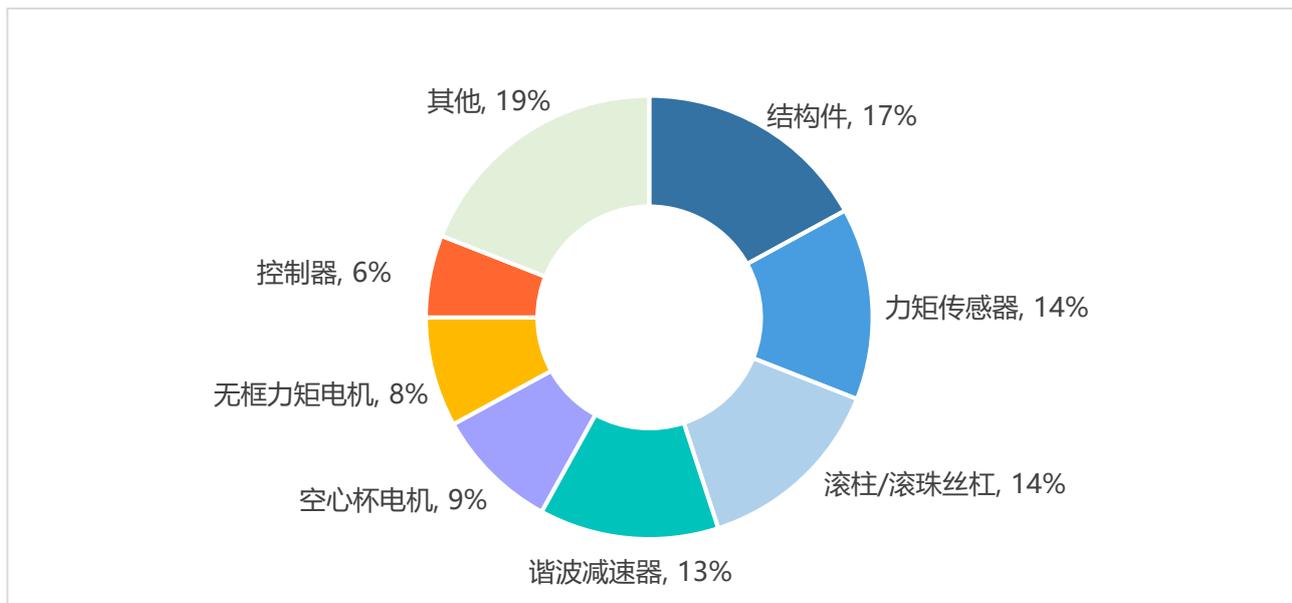
(2) 谐波减速器：该类减速器主要由波发生器、柔轮、钢轮、柔性轴承组成，靠波发生器装配上柔性轴承使柔性齿轮产生可控弹性变形，并与刚性齿轮相啮合来传递运动和动力的齿轮传动。谐波减速器具有结构简单、体积小、质量小、传动比大、运动精度高等优点，可在密闭空间内传递运动，通常用于人形机器人的小臂、腕部、手部等轻负载部分。但谐波减速器容易引起材料的疲劳损坏，损耗功率大，同时刚性差，使用时间增长会导致运动精度显著降低。

(3) RV 减速器：该类减速器包含两级传动装置，第一级是渐开线行星齿轮传动机构，包括行星直齿轮、偏心轴和中心轮等；第二级是摆线针轮行星传动机构，包括摆线轮、偏心轴、针齿轮和行星架等。第一级减速是对输入和输出齿轮进行外啮合，第二级减速是通过正齿轮驱动偏心轴，带动 RV 齿轮做偏心运动，从而实现转速的传递。RV 减速器具有传动比范围大、传动效率高、承载能力强、运行平稳、精度高、寿命长等特点，通常应用于人形机器人的重负载位置，如机座、大臂、肩部等。由于 RV 减速器体积较大，其在轻负载领域发展受到限制，加之其零部件数量较多，制造和装配难度较大，难以大规模生产。

在人形机器人中，精密减速器是重要的零部件之一，主要起到以下作用：（1）提高精度：将电机的旋转运动转换成所需的速度和力矩，同时大幅减少运动中的误差，提高人形机器人的操作精度；（2）增大扭矩：通过减速器，将电机输出的转速降低，同时增大输出扭矩，使人形机器人可执行更重的负载任务；

（3）提高响应速度：精密减速器可快速响应控制信号，实现快速启动和停止，提高人形机器人的动态性能和灵活性；（4）提高稳定性：精密减速器减少运动过程中的震动和冲击，提高人形机器人的运行稳定性；（5）减少体积和重量：精密减速器设计紧凑，在提供足够扭矩的同时，保持相对较小的体积和重量，有助于减轻人形机器人整体重量。据华创证券测算，在特斯拉人形机器人 Optimus 中，谐波减速器的成本位居 Top4 行列，占比约为 13%。

图表 1：特斯拉人形机器人 Optimus 成本拆分



资料来源：华创证券，来觅数据整理

从公开资料看，各人形机器人厂商会采用不同的减速器方案，如优必选 Walker X 采用谐波减速器，而宇树科技 Unitree H1 则以行星减速器为主。从下表可知，谐波减速器、行星减速器是当前人形机器人中主要的减速器类型。

图表 2：部分人形机器人减速器方案

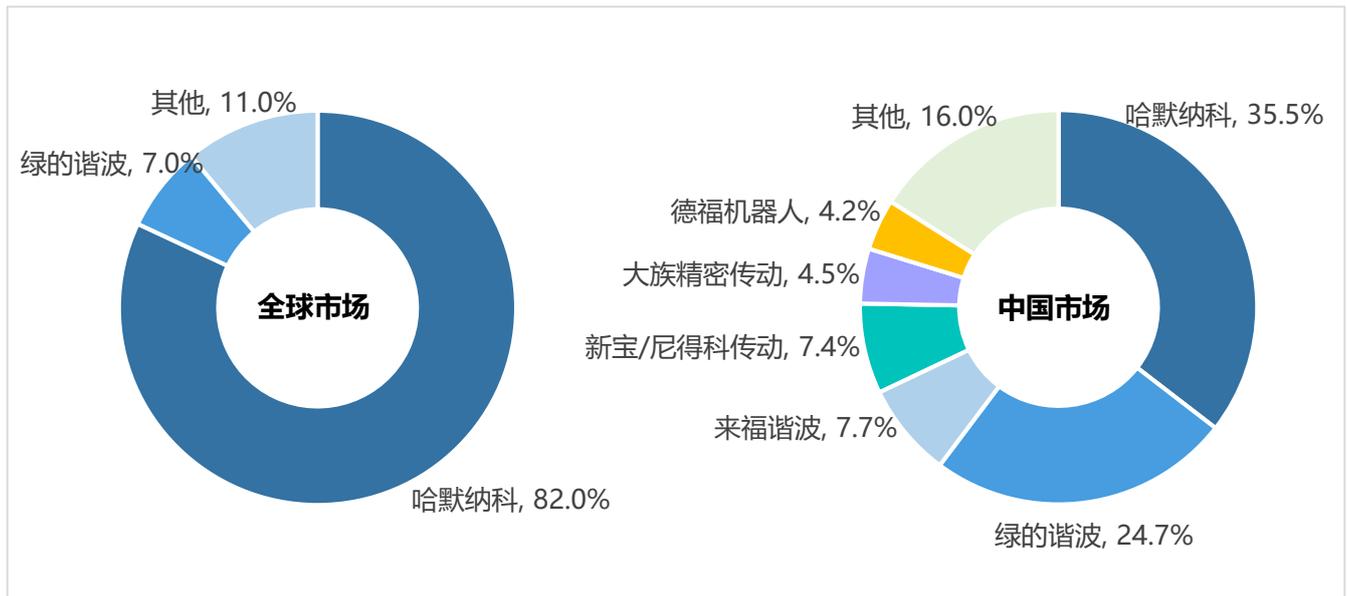
企业	所属国家	人形机器人型号	减速器方案
优必选	中国	Walker X	谐波减速器
智元机器人	中国	远征 AI	高力矩透明度行星减速器
宇树科技	中国	Unitree H1	以行星减速器为主
小米	中国	CyberOne	行星减速器
小鹏	中国	PX5	谐波减速器、行星减速器
特斯拉	美国	Optimus	谐波减速器
Agility Robotics	美国	Digit	以谐波减速器为主

资料来源：公开资料，来觅数据整理

在谐波减速器方面，全球谐波减速器市场集中度较高，仍以海外厂商为主，但国产市占率不断提高。据科峰智能招股书显示，2021 年全球谐波减速器市场中，拥有 50 余年技术积累和市场经验的哈默纳科（日本）市占率约 82.0%，而绿的谐波（中国）仅约占 7.0%。在国内谐波减速器市场，2021 年哈默纳科、绿的谐波、来福谐波（中国）市占率分别为 35.5%、24.7%、7.7%。随着国产谐波减速器厂商在技术方

面不断突破，研发出的产品在性能和稳定性等方面已达到国际领先水平，加之国产机器人的需求增加，谐波减速器国产化率正不断提升，而哈默纳科、新宝/尼得科传动在中国的市占率持续下降。

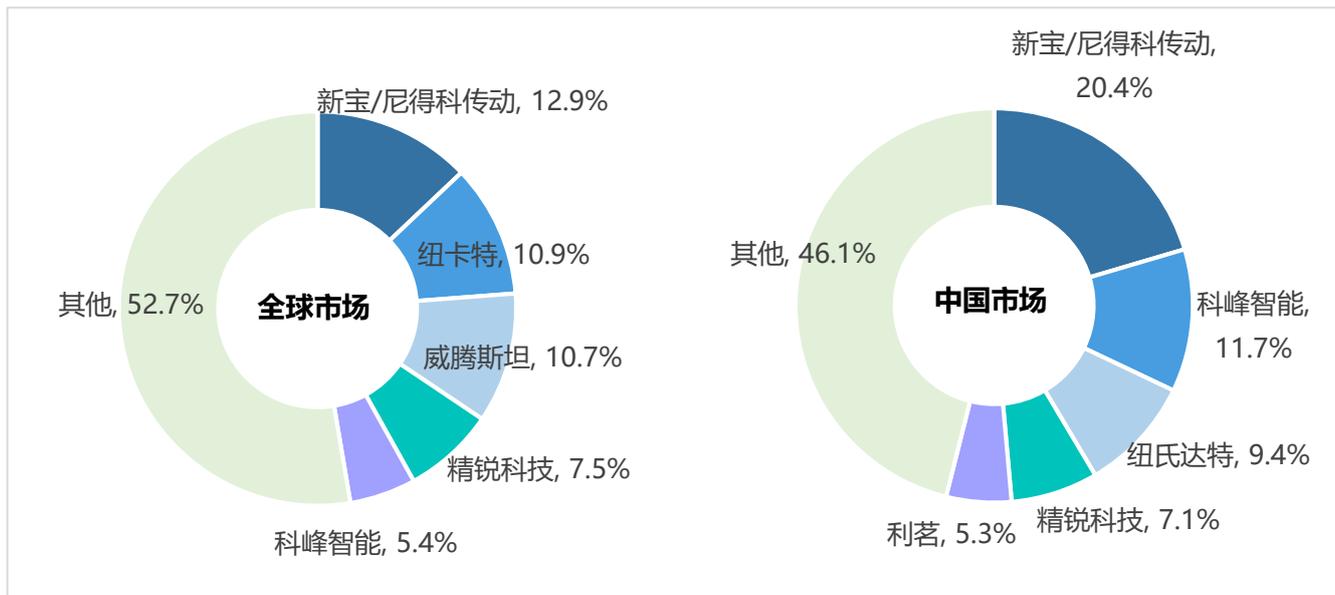
图表 3：2021 年谐波减速器市场份额



资料来源：科峰智能招股书，来觅数据整理

在精密行星减速器方面，全球精密行星减速器市场相对分散，日本、德国等国家的精密行星减速器处于行业领先地位，其在材料、精度、可靠性、使用寿命等方面更具优势，但国内厂商的研发实力和品牌影响力也在不断提升。从全球角度看，据 QY Research 显示，2022 年精密行星减速器前五的厂商分别为新宝/尼得科传动（日本）、纽卡特（德国）、威腾斯坦（德国）、精锐科技（中国台湾）、科峰智能（中国），市场份额合计占比为 47.4%，而在 2023 年，前五厂商的市场份额合计为 43.8%，集中度略有下降。在国内市场，2022 年精密行星减速器前五的厂商分别为新宝/尼得科传动（日本）、科峰智能（中国）、纽氏达特（中国）、精锐科技（中国台湾）、利茗（中国台湾），市场份额分别为 20.4%、11.7%、9.4%、7.1%、5.3%。

图表 4：2022 年精密行星减速器市场份额



资料来源：QY Research，科峰智能招股书，来觅数据整理

市场规模

在 2022 年特斯拉 AI Day 上，马斯克称特斯拉人形机器人 Optimus 有望在 3-5 年内交付，生产规模可达数百万台。基于此，在中性情形下，假设到 2030 年，人形机器人出货量达 100 万台。在谐波减速器方面，假设单台人形机器人身体谐波减速器需求为 14 个（基于 Optimus 方案），单价在 2030 年下降至 600 元，则对应的谐波减速器市场空间为 84 亿元。在精密行星减速器方面，假设单台人形机器人对精密行星减速器需求为 4 个（双腿各 1 个+髋部 2 个），单价在 2030 年下降至 300 元，则对应的谐波减速器市场空间为 12 亿元。在此情形下，人形机器人预计将可为精密减速器带来近百亿的市场空间。

图表 5：全球人形机器人精密减速器市场规模测算

		2025E	2030E
人形机器人	出货量 (万台)	5	100
谐波减速器	单价 (元)	1000	600
	单台机器人谐波减速器数量 (个)	14	14
	亿元	7	84
精密行星减速器	单价 (元)	600	300
	单台机器人精密行星减速器数量 (个)	4	4
	亿元	1.2	12

资料来源：公开资料，来觅数据

受系列利好政策出台、大模型等技术持续突破、硬件成本不断下降、劳动力缺口加大市场对人形机器人的需求增加等因素驱动，预计人形机器人市场规模将继续保持增长。作为人形机器人重要零部件之一的精密减速器，也将随之迎来更加广阔的增量需求。

投融资动态

近一年来，获得融资的减速器企业已成立 5 年及以上，主要原因在于减速器是技术密集型行业，在材料、加工工艺、加工设备等方面存在较高技术壁垒，需要较长时间的技术积累和市场验证，先进入者具备先发优势，初创企业难以快速获得市场认可和投资。此外，人形机器人相关技术不断突破，应用领域正持续拓宽，量产时点渐行渐近，减速器将随着人形机器人的量产迎来更广阔的机会，有望吸引更多机构关注。

下表是 2024 年 1-10 月减速器赛道主要投融资事件，感兴趣的读者可以登录 Rime PEVC 平台获取减速器领域全量融资案例、被投项目及深度数据分析。

图表 6：2024 年 1-10 月减速器赛道主要投融资事件

融资方	成立时间	所属赛道	融资时间	融资轮次	融资金额	投资方
越格智能	2009-11-26	行星减速器	2024-10-22	战略融资	3,000 万人民币	通力智能装备(杭州)有限公司
三凯机电	2007-10-09	行星减速器	2024-10-21	A 轮	超 1 亿人民币	达晨财智、浙江金控等
瀚晟传动	2017-11-14	RV 减速器	2024-10-14	A+ 轮	近 1 亿人民币	洪泰基金、蓝驰创投等
巨蟹智能	2019-04-26	谐波减速器	2024-07-09	天使轮	数千万人民币	南京创新投集团等
智同科技	2015-09-07	行星减速器	2024-01-18	E 轮	数千万人民币	中车资本、冀财基金等
纽氏达特	2006-07-07	行星减速器	2024-01-11	A+ 轮	数亿人民币	国投招商、诺华资本等
爱磁科技	2015-08-10	谐波减速器	2024-01-08	战略融资	未披露	美的资本

资料来源：来觅数据

版权声明： 未经来觅数据许可或授权，任何单位或人士不得转载、引用、刊登、发表、修改或翻译本报告内容。许可或授权下的引用、转载时须注明出处为来觅数据。否则，来觅数据将保留追究其相关法律责任的权利。

免责声明： 本文基于来觅数据认为可信的公开资料或实地调研资料，我们力求上述内容的客观、公正，但对本文中所载的信息、观点及数据的准确性、可靠性、时效性及完整性不作任何明确或隐含的保证，亦不负相关法律责任。本文全部内容仅供参考之用，不构成对任何人的投资、商业决策、法律等操作建议。在任何情况下，对由于参考本报告造成的任何，来觅数据不承担任何责任。

关于我们： Rime PEVC 产品是专注于金融创投市场的 SaaS 服务平台，致力于打造一个开放性的全球私募投资生态平台。Rime PEVC 涵盖了创投市场项目企业、投资机构、私募股权基金、基金管理人、GP、LP 行业赛道等丰富的一级市场数据和资讯，支持批量对项目企业和投资机构进行筛选比较、行业深入研究分析、项目企业风险预警、创投市场投融资动向的实时监控等。



Rime PEVC
机构版 SaaS 平台

添加客服 免费试用

机构

The banner features a blue and white color scheme with a futuristic, grid-like background. On the right side, there is a large QR code with the Chinese characters '机构' (Institution) in the center. The text 'Rime PEVC' and '机构版 SaaS 平台' is prominently displayed on the left, with '添加客服 免费试用' (Add Customer Service, Free Trial) below it.