

机械设备行业点评报告

谐波减速器为人形机器人核心部件，看好国产谐波厂商充分受益

增持（维持）

2025年01月16日

证券分析师 周尔双

执业证书：S0600515110002

021-60199784

zhouersh@dwzq.com.cn

投资要点

■ 谐波减速器：人形机器人旋转执行器的核心部件

减速器主要可分为谐波减速器、行星减速器和RV减速器。其中谐波减速器特点为负载小、精度高、结构紧凑，主要用于小负载六轴、小负载SCARA及协作机器人，且是目前人形机器人减速器的主流方案；RV减速器体积大、重量高、高负载能力、高刚度，主要用于重负载机器人；行星减速器体积小、高刚度、抗冲击能力强，广泛用于航空航天、机器人、汽车、纺织等工业领域。人形机器人选用谐波减速机主要有两点核心因素。

1) 体积小，重量轻，价格低：Optimus全身28个旋转+直线执行器，空间有限要求减速器体积尽量小；此外人形机器人减重和降本未来发展的核心方向。2) 传动效率高：减速机若传动效率过低，则能量在传动过程中转化为热能，会导致发热严重。

■ 现实应用：谐波减速器应用于人形机器人领域存在四大难点

目前谐波减速器应用在人形机器人领域仍然存在四大应用难点：1) 棘轮现象：当施加过大的扭矩时，可能导致钢轮和柔轮齿无法正确啮合，这种现象会导致过度振动、加速磨损；2) 共振现象：谐波驱动器中的主要振动源来自于柔轮的连续变形，人形机器人双手需同时运动，若产生共振现象，会导致两手抖动；3) 减重任务：对于人形机器人来讲谐波减速器目前重量仍然较高，未来如何减重成为重要课题；4) 量产难点：谐波柔轮和钢轮装配需要依靠经验丰富的人工，人工不足可能成为限制扩产的因素。

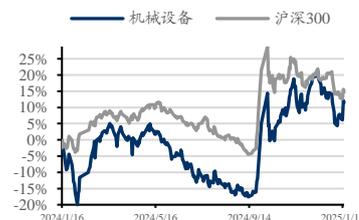
■ 竞争格局：看好龙头企业绿的谐波在人形机器人量产浪潮下充分受益

竞争格局方面，哈默纳科系全球龙头，技术和产能全球第一；绿的谐波作为国产谐波龙头，率先打破海外垄断。根据工链会数据，2022年哈默纳科和绿的谐波市占率分别达38%和26%，分别排名第一第二。但哈默纳科扩产速度较慢，人形机器人量产浪潮下产能不足可能成为其掣肘因素。2018年哈默纳科产能6.9万台/月（83万台/年），计划2021年产能扩充至28万台/月（336万台/年），实际到2023年哈默纳科产能仅扩充到16.5万台/月（198万台/年），远期扩产目标28万台/月（336万台/年）的目标多次推迟。绿的谐波是除哈默纳科外唯一证明自身具备大规模扩产能力的谐波企业。2023年绿的谐波发布定增拟募资20.27亿元用于新一代精密传动装置智能制造项目，项目建成达产后，公司将新增新一代谐波减速器100万台、机电一体化产品20万台的年产能。Optimus量产有降本需求，产业链向中国转移背景下看好国产谐波抢占份额。

■ 投资建议：重点推荐国产谐波减速器龙头【绿的谐波】。

■ 风险提示：人形机器人量产进度不及预期，人形机器人技术突破不及预期，宏观经济风险。

行业走势



相关研究

《看好内需景气度回升的工程机械确定机会；关注量产在即的人形机器人》

2025-01-12

《12月挖掘机销量略超预期，国内景气度持续回升海外市场边际向好》

2025-01-12

内容目录

1. 谐波减速器：人形机器人旋转执行器的核心部件	4
2. 现实应用：谐波减速器应用于人形机器人领域存在四大难点	5
3. 竞争格局：看好国产谐波减速器龙头绿的谐波在人形机器人量产浪潮下充分受益	6
4. 投资建议	8
5. 风险提示	8

图表目录

图 1: 行星减速机是四足机器狗的最佳选择.....	5
图 2: 谐波减速机是人形机器人的最佳选择.....	5
图 3: 谐波减速机组装流程.....	6
图 4: 2022 年国内谐波减速器竞争格局.....	6
图 5: 哈默纳科实际产能扩充速度低于预期.....	7
表 1: 谐波减速机、行星减速机和 RV 减速机性能及应用对比	4

1. 谐波减速器：人形机器人旋转执行器的核心部件

减速器是旋转执行器的核心部件，分为谐波、行星和 RV。减速器是连接动力源和执行机构的中间机构，具有匹配转速和传递转矩的作用。按照结构与传动原理不同可将减速器分为谐波减速器、RV 减速器及行星减速器。

1) **谐波减速器**：特点包括负载小、精度高、结构紧凑，在工业机器人领域用于小负载六轴、小负载 SCARA 及协作机器人；

2) **RV 减速器**：特点包括体积大、重量高、高负载能力、高刚度，主要用于重负载机器人；

3) **行星减速器**：特点包括体积小、高刚度、抗冲击能力强等特点，广泛用于航空航天、机器人、汽车、纺织等国民工业。

表1：谐波减速机、行星减速机和 RV 减速机性能及应用对比

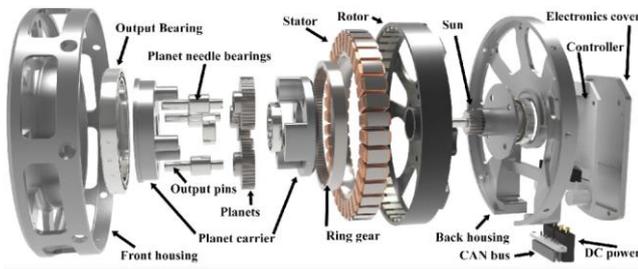
	谐波减速器	行星减速器	RV 减速器
产品性能	体积小、 重量轻 、 传动比范围大	体积小、高刚度、高精度、低传动、抗冲击能力强	体积大、 重量高 、高负载能力、高刚度
应用场景	小负载六轴/SCARA 机器人小臂、腕部或手部、协作机器人	直角坐标机器人、四足机器人、机器狗	工业机器人机座、大臂、肩部等重负载的位置
人形机器人应用部位	小臂、大臂等上肢旋转关节	下肢旋转关节	——
单价(元)	1000-1500	300-500	3000-5000
传动效率	70%左右	90%以上	80-95%

数据来源：绿的谐波招股说明书，东吴证券研究所

人形机器人选用谐波减速机主要有两点核心因素。1) **体积小，重量轻，价格低**：Optimus 全身 28 个旋转+直线执行器，空间有限要求减速器体积尽量小；此外人形机器人减重和降本在未来发展的核心方向。2) **传动效率高**：减速机若传动效率过低，则能量在传动过程中转化为热能，会导致发热严重。

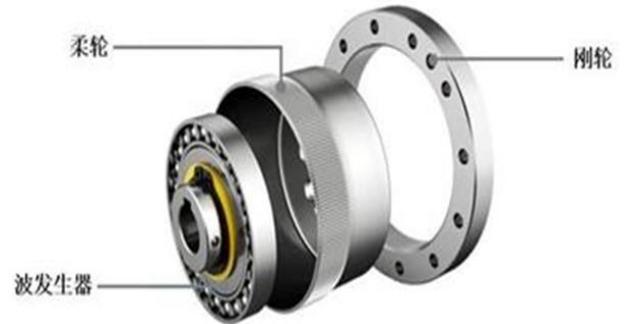
若单纯从传动效率、价格等方面考虑，行星减速机是最优解；但体积小和重量轻是更优先指标，因此谐波减速器是目前人形机器人最合适应用方案。另外机器狗自由度低，对体积和重量要求低，因此大量采用行星减速机。

图1: 行星减速机是四足机器狗的最佳选择



数据来源: A Low Cost Modular Actuator for Dynamic Robots, 东吴证券研究所

图2: 谐波减速机是人形机器人的最佳选择



数据来源: 绿的谐波官网, 东吴证券研究所

2. 现实应用: 谐波减速器应用于人形机器人领域存在四大难点

目前谐波减速器应用在人形机器人领域仍然存在四大应用难点。

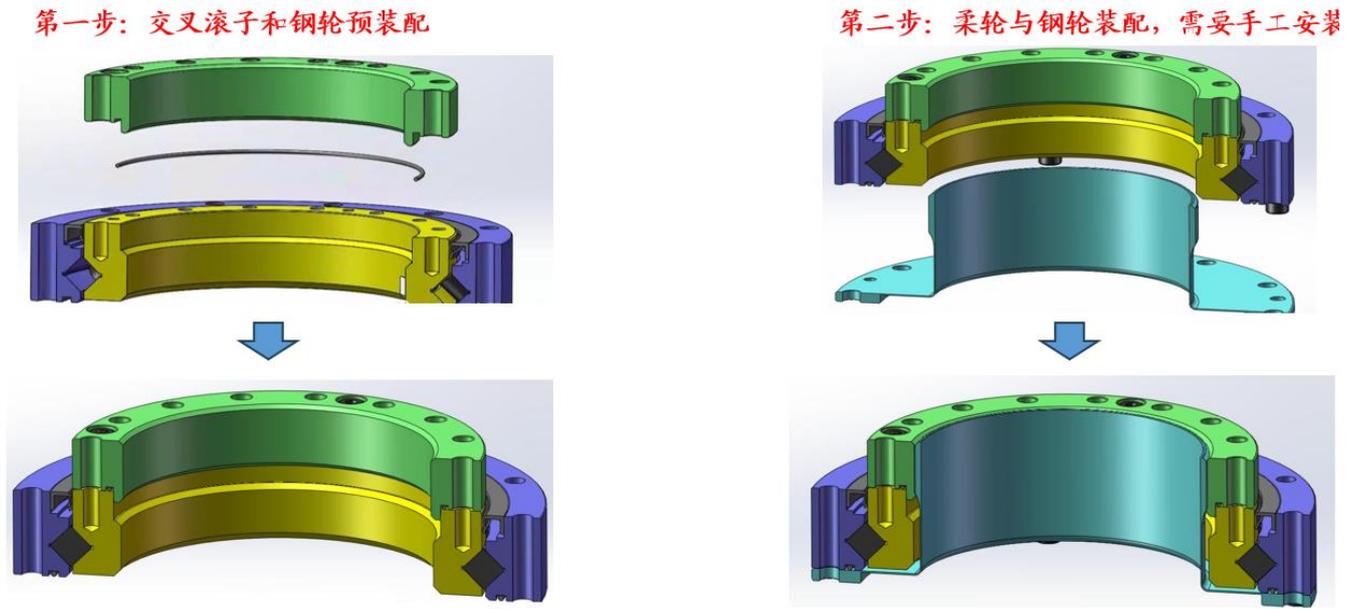
1) 棘轮现象: 当施加过大的扭矩时, 可能导致钢轮和柔轮齿无法正确啮合, 导致棘轮现象。这种现象会导致过度振动、加速磨损, 甚至可能损坏驱动器的其他部件。

2) 共振现象: 谐波减速器中的主要振动源来自于柔轮的连续变形。这种变形可能因安装误差和制造缺陷等因素而加剧。人形机器人双手需同时运动, 若产生共振现象, 会导致两手抖动。

3) 减重任务: 尽管相较于行星和RV减速机, 谐波的重量已经非常轻, 但对于人形机器人来讲, 仍然负担沉重, 未来如何减重(潜在方案主要系更换轻量化材料)成为重要课题。

4) 量产难点: 谐波柔轮和钢轮装配过程中无法实现完全自动化, 此外钢轮和柔轮的选型若要做到完美也需要经验丰富的人工。具体来看: 第一步先将钢轮和交叉滚子轴承装配好, 对准锁紧即可, 这一步骤主要考察机加工精度; 第二步将柔轮从下往上装入, 需要手工操作, 因为柔轮是不能直接插入钢轮的, 因为此时柔轮和钢轮都是圆形, 柔轮的齿不能与钢轮啮合, 需要用手或者工具将柔轮撑开变形为椭圆, 才能顺利安装。

图3: 谐波减速机组装流程

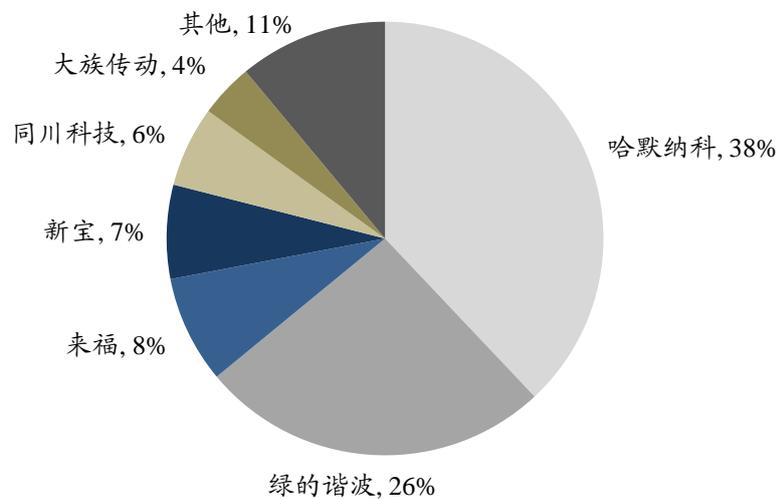


数据来源:《机器人设计避坑指南》, 东吴证券研究所 (注: 绿色为交叉滚子轴承、浅蓝色为柔轮, 深蓝为钢轮)

3. 竞争格局: 看好国产谐波减速器龙头绿的谐波在人形机器人量产浪潮下充分受益

谐波减速器目前竞争格局明朗, 哈默纳科与绿的谐波全球领先。哈默纳科系全球龙头, 技术和产能全球第一; 绿的谐波作为国产谐波龙头, 率先打破海外垄断。根据工链会数据, 2022 年哈默纳科和绿的谐波销售额市占率分别达 38%和 26%, 分别排名第一第二。

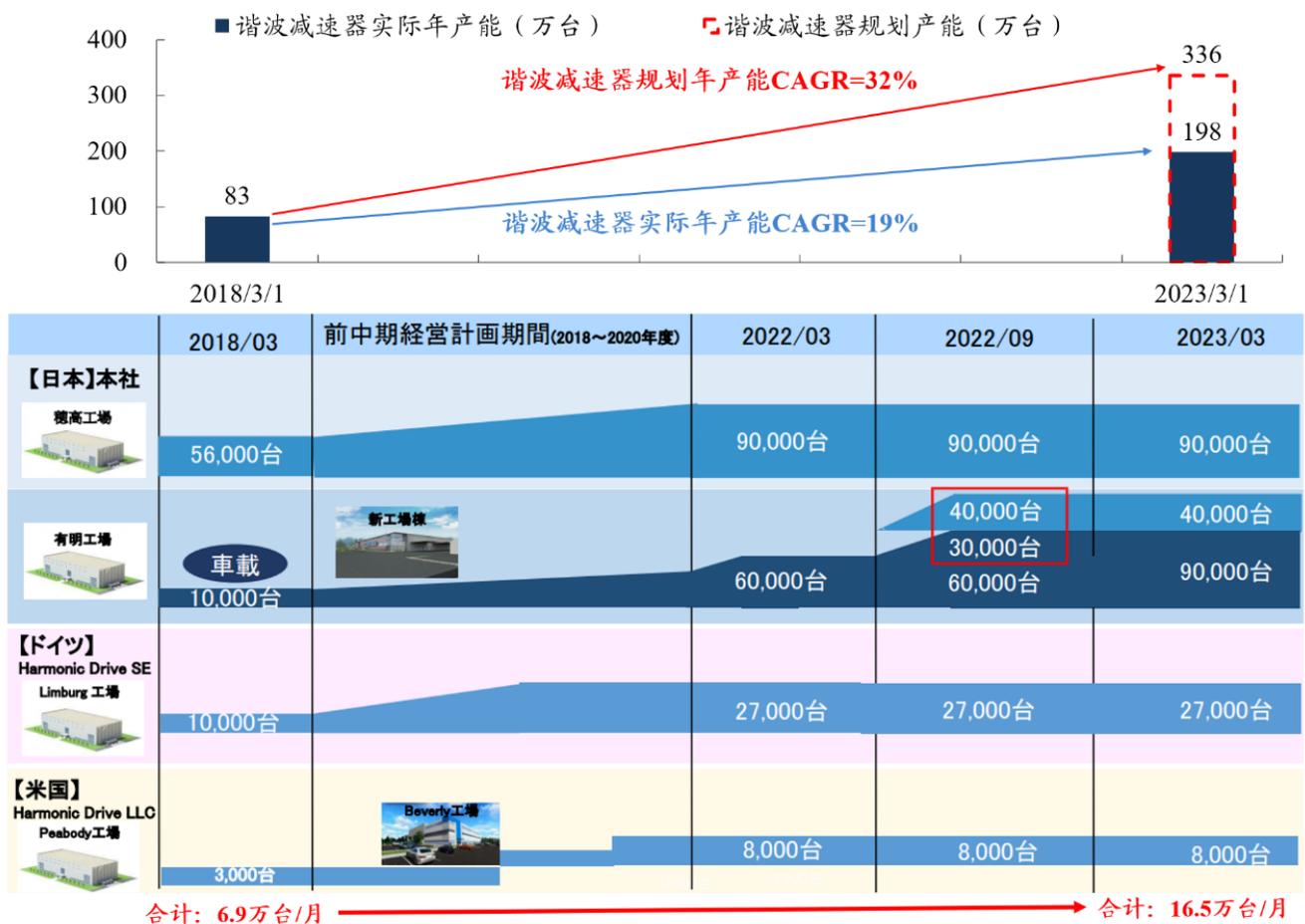
图4: 2022 年国内谐波减速器竞争格局



数据来源: 工链会, 东吴证券研究所

哈默纳科扩产速度较慢，人形机器人量产浪潮下产能不足可能成为其掣肘因素。整体来看，哈默纳科（以下简称 HD）产能扩张速度不及其规划预期：我们统计 18 年以来 HD 于年报发布的扩产进度，发现其扩产计划逐步放缓，并基本上进度低于目标预期。2018 年 HD 产能 6.9 万台/月（83 万台/年），计划 2021 年产能扩充至 28 万台/月（336 万台/年）。实际到 2023 年 HD 产能仅扩充到 16.5 万台/月（198 万台/年），远期扩产至 28 万台/月（336 万台/年）的目标多次推迟。HD 扩产难点在于：1）装配人工培养周期长；2）工业机器人市场增长乏力，且 HD 不愿向中国转移产能，扩产意愿低。

图5：哈默纳科实际产能扩充速度低于预期



数据来源：哈默纳科年报，东吴证券研究所（注：谐波减速器产能剔除车载产品）

绿的谐波是除 HD 外唯一证明自身具备大规模扩产能力的谐波企业。2023 年绿的谐波发布定增拟募资 20.27 亿元用于新一代精密传动装置智能制造项目，项目建成达产后，公司将新增新一代谐波减速器 100 万台、机电一体化产品 20 万台的年产能。Optimus 量产有降本需求，产业链向中国转移背景下看好国产谐波抢占份额。

4. 投资建议

重点推荐国产谐波减速器龙头【绿的谐波】。

5. 风险提示

人形机器人量产进度不及预期，人形机器人技术突破不及预期，宏观经济风险。

免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）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。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后 6 至 12 个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A 股市场基准为沪深 300 指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普 500 指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证 50 指数），具体如下：

公司投资评级：

- 买入：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在 15% 以上；
- 增持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 5% 与 15% 之间；
- 中性：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 -5% 与 5% 之间；
- 减持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 -15% 与 -5% 之间；
- 卖出：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在 -15% 以下。

行业投资评级：

- 增持：预期未来 6 个月内，行业指数相对强于基准 5% 以上；
- 中性：预期未来 6 个月内，行业指数相对基准 -5% 与 5%；
- 减持：预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于基准 5% 以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所
苏州工业园区星阳街 5 号
邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>