

证券研究报告

2025年07月12日

行业报告：行业专题研究

机器人产业趋势研判： 重视价值量有望提升摆线减速器

作者：

分析师 孙潇雅 SAC执业证书编号：S1110520080009

分析师 张童童 SAC执业证书编号：S1110524060005



行业评级：强于大市（维持评级）
上次评级：强于大市

请务必阅读正文之后的信息披露和免责声明

摘要

摆线减速器是RV减速器的一种应用行星式传动原理，采用摆线针齿啮合的新颖传动装置。当前时间点，我们看好摆线减速器在人形机器人的应用，原因如下：

- 1) 谐波精度高但抗冲击和承载力不足，行星抗冲击力强劲但精度不足，摆线减速器具备大扭矩和抗冲击性，同时兼顾了精度。
- 2) 据21世纪经济网报道，双环传动已经开始与特斯拉人形机器人团队接触，并联合进行小型RV减速器的开发。

回归原理，我们认为摆线减速器的技术特性恰好填补了行星减速器与谐波减速器方案的不足，有望在人形机器人髋部等展开应用。谐波精度高但抗冲击和承载力不足，行星抗冲击力强劲但精度不足，摆线减速器的摆线轮与针齿啮合的原理，天生具备大扭矩和抗冲击性，同时兼顾了精度。

近期产业链多家公司推出摆线产品用于人形机器人，并有望解决重量问题，故我们认为摆线在人形机器人应用比例和用量个数有望提升。科达利-科盟：采用peek材料做摆线，可实现较钢材减重73%。福达-长坂：有多项摆线减速器专利。日本纳博特斯克已在RV结构的基础上逐步推出封闭式结构RD系列减速器产品和质量轻量化的N系列减速器产品。国内：面向人形机器人领域，智同科技推出了具有高精度、长寿命、高集成度和轻量化的传动模块产品。智同科技定制化推出摆线减速机模组CT-CHR-6E。摆线模组具有精度高、承载能力大等特点，适合于大扭矩、长寿命的场景，可应用于仿生或仿真拟人机器人、行走机器人、外骨骼机器人等领域。

投资建议：

当前时间点，站在产品维度我们看好摆线减速器核心在于：1) 特斯拉已经在接触RV减速器的厂商，有一定的产业基础；2) 随着产业的发展，不少摆线减速器厂商表示可解决摆线在人形机器人应用的重量问题。标的上，重点推荐【豪能股份】、【福达股份】，主打peek轻量化的【科达利】；建议关注【精锻科技】、【双环传动】（中小市值联合覆盖）。

风险提示：人形机器人发展不及预期、股价波动较大风险、产品技术发展不如预期

1

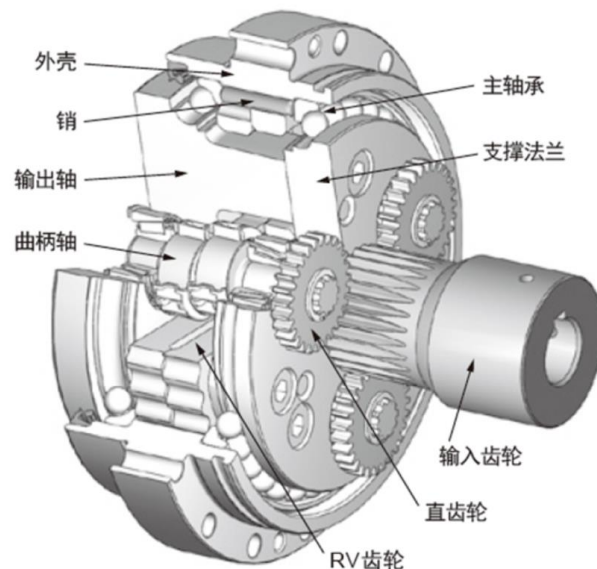
什么是摆线减速器？

什么是摆线针轮减速器？

□摆线针轮减速机是一种应用行星式传动原理，采用摆线针齿啮合的新颖传动装置。当输入轴带着偏心套转动一周时，由于摆线轮上齿廓曲线的特点及其受针齿轮上针齿限制之故，摆线轮的运动成为既有公转又有自转的平面运动，在输入轴正转周时，偏心套亦转动一周，摆线轮于相反方向转过一个齿从而得到减速，再借助W输出机构，将摆线轮的低速自转运动通过销轴，传递给输出轴，从而获得较低的输出转速。

□摆线针轮减速机的优点：1) 噪声低：摆线针轮减速机的转子采用优质的材料制作，齿轮材料用球磨齿轮，使它们之间的摩擦减少，转子经过精密加工，因此噪声低、抗震能力强；2) 可靠性高：摆线针轮减速机的轴承和定子轴承采用优质的轴承，它们的可靠性高，维护方便，可以长期稳定运行，耐用性也很强。3) 维护简单：摆线针轮减速机采用封闭式结构，压力与温度变化小，不需要频繁的润滑，只要保证正常的维护，可以保证减速机的稳定使用。

图：摆线针轮减速器的结构图



2

为什么关注摆线减速器？

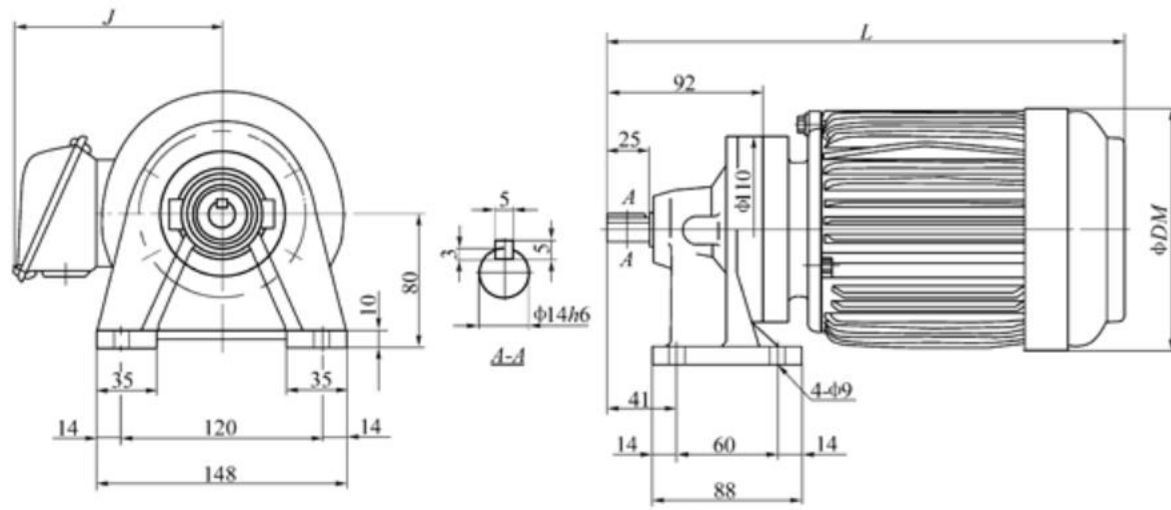
为什么关注摆线减速器？

□论文加持+环动配套T研发新型减速器表明人形机器人适用减速器不仅限于谐波、行星。

□论文基础：美国UCLA机器人实验室创办者Dennis Hong的学生论文中表示【具有高减速比的机器人(采用谐波减速器+力矩传感器的模式)只能实现非常缓慢且相对静止的运动】，这是因为1)谐波传动+ 扭矩传感器非常脆弱并且极易受到冲击;2)齿轮的高反射惯性和低效率使其无法吸收脚接触地面时发生的冲击载荷。

□据21世纪经济网报道，双环传动已经开始与特斯拉人形机器人团队接触，并联合进行小型RV减速器的开发，按特斯拉人形机器人需要调整RV减速器的转速、扭矩及接口。

图：双环传动摆线针轮减速器的结构图



为什么关注摆线减速器？摆线抗冲击、承载力强+高精度

□摆线减速器的技术特性恰好填补了行星减速器与谐波减速器方案的不足，谐波精度高但抗冲击和承载力不足，行星抗冲击力强但精度不足，摆线减速器的摆线轮与针齿啮合的原理，天生具备大扭矩和抗冲击性，同时兼顾了精度，这些特性使其最早在工业机器人关节、机床转台等需要高精度、高可靠性、重载荷的场景占据主导地位。但摆线劣势在于重量，这一劣势限制了其直接应用到人形机器人上（不符合机器人的轻量化趋势），故早期多设计用在最强调高承载和抗冲击的髋关节。

图：不同减速器对比

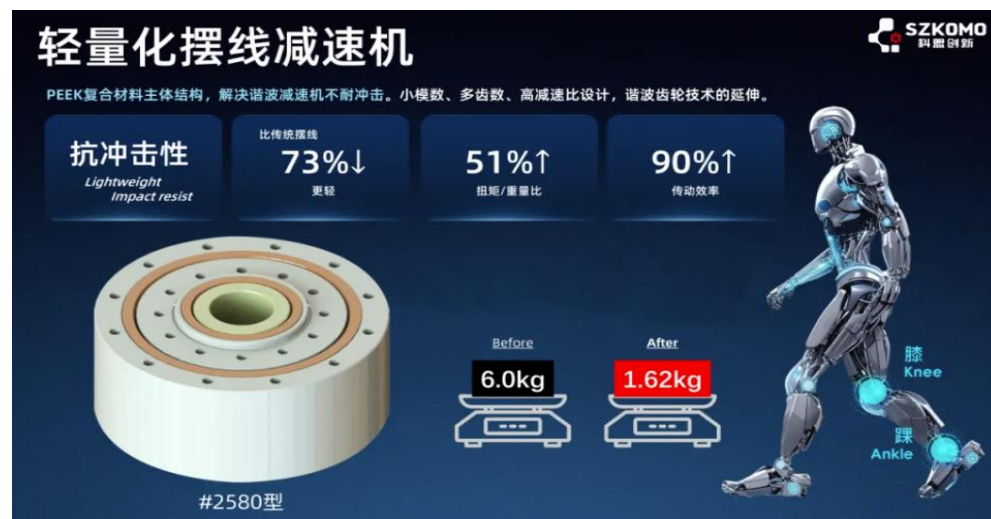
类别名称	谐波减速器	RV减速器	摆线针轮行星减速器	精密行星减速器
减速比	70~320	31~171	6~119	3~10
传动效率	70%~90%	85%~92%	90%~95%	97%~98%
优点	可通过密封壁传递运动、结构简单、质量和体积小、传动比高、精密度高	承载能力强、刚度、工作寿命长、刚性高、耐冲击性强	结构紧凑，体积相对小；重量轻，通用于中小功率；运转平稳，噪声低	负载能力强、使用寿命长、性能稳定、输出扭矩大、成本较低
缺点	柔轮每转均要经历两次椭圆变形，容易引起材料的疲劳破坏；启动力矩较大；装置发热较严重；承载能力较差	结构复杂、体积较大，制造难度大，价格较高	摆线针轮减速器的结构复杂；制造、安装精度要求高；转臂轴承受力大，影响轴承寿命和承载能力	单级精密行星减速器减速比较小，有时需增加传动级数和齿轮数量以满足特定减速需求，导致体积和质量增加
应用场景	适用于质量和尺寸受限、位置精度要求高的场合，包括机器人的小臂、腕部或手部，以及精密测试设备的微小位移机构等	适用于在机座、大臂、肩部等重负载的位置，以及汽车、运输、港口码头等行业中通常使用配有RV减速器的重负载机器人	广泛应用于矿山、化工、起重机械、工程机械等领域	多应用于步进电机和伺服电机的减速传动；工业机器人、大型空间机械臂关节以及服务机器人
价格区间	1000-5000元/台	5000-8000元/台	500-2000元/台左右	200-2000元/台左右

为什么关注摆线减速器？产业链催化频出

□近期产业链多家公司推出摆线产品用于人形机器人，并有望解决重量问题，故我们认为摆线在人形应用比例和用量个数有望提升。

- ✓ 科达利-科盟：采用peek材料做摆线，可实现较钢材减重73%。
- ✓ 日本纳博特斯克：已在RV结构的基础上逐步推出封闭式结构RD系列减速器产品和质量轻量化的N系列减速器产品。
- ✓ 智同科技：面向人形机器人领域，智同科技推出了具有高精度、长寿命、高集成度和轻量化的传动模块产品，定制化推出摆线减速机模组CT-CHR-6E。摆线模组具有精度高、承载能力大等特点，适合于大扭矩、长寿命的场景，可应用于仿生或仿真拟人机器人、行走机器人、外骨骼机器人等领域。

图：科盟创新轻量化减速器产品



图：智同的摆线减速机模组CT-CHR系列



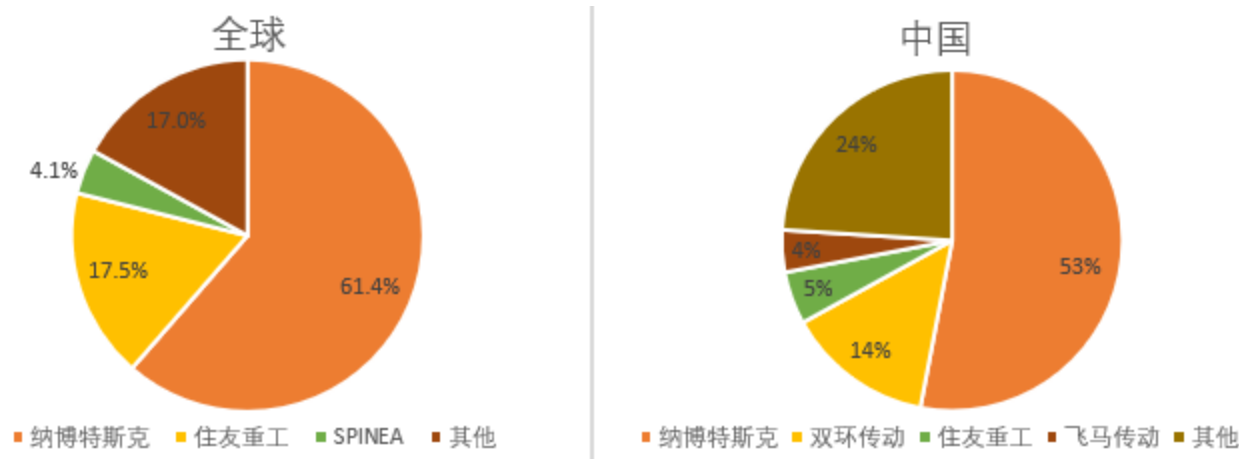
3

摆线减速器的格局和发展趋势

摆线减速器的格局和发展趋势

- 摆线减速器是RV减速器的一种，暂无细分的摆线减速器格局数据，但我们认为大致看摆线格局和RV减速器格局类似，全球龙头为纳博特斯克(市场份额超过60%)、住友重工、SPINEA，国内龙头为双环传动(子公司环动科技)、飞马等。
- RV 减速器作为多种高精密装备不可或缺的重要零部件，广泛应用于机器人、工业自动化等高端制造领域。RV减速机适用于在重载机器人。一般应用于重载机器人的腿部腰部和肘部三个关节。RV减速机的关键在于加工工艺和装配工艺，且具有更高的疲劳强度、刚度和寿命，不像谐波传动那样随着使用时间增长，运动精度会显著降低，但其缺点是重量重，外形尺寸较大。

图：RV减速器的市场格局



摆线减速器产业链&工艺

□RV减速机上游行业主要为包括减速器中的齿轮毛坯、齿轴毛坯、轴承、箱体、箱盖等，以及电机中的漆包线、定子毛坯、转子毛坯、转子轴、硅钢片、机壳、端盖等。

□摆线轮精密制造包括加工余量控制、加工基准选择以及装夹定位误差控制等方面。其中，加工余量控制主要涉及锻造毛坯放量、工序间加工余量分配、热处理变形及去材变形等，加工基准选择主要涉及关键尺寸要素之间制造衔接关系，装夹定位误差控制主要为设计与零件精度要求相匹配的工装夹具。

图：RV减速机产业链构成



图：摆线轮加工工艺流程

工序序号	工序内容
1	改变材料晶相组织, 增强抗载特性
2	去除锻造应力, 提高加工性能
3	去除大部分加工余量
4	表面渗碳淬火一回火, 强化齿与轴承孔硬度
5	去除表面氧化层, 改善后续非加工面的表面应力
6	缩小加工余量, 为精加工提供装夹定位基准
7	消除残余应力, 提高零件精度保持性
8	实现零件最终尺寸精度
9	重点测量摆线齿廊与曲柄轴孔精度

4

投资建议

投资建议

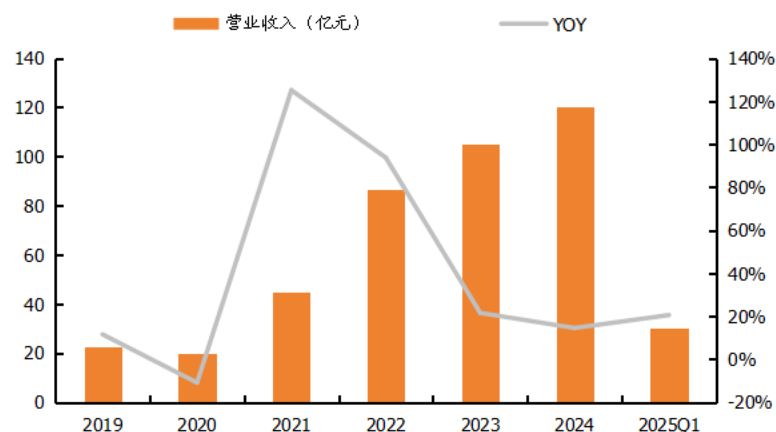
- 当前时间点，站在产品维度我们看好摆线减速器核心在于：1）特斯拉已经在接触RV减速器的厂商，有一定的产业基础；2)随着产业的发展，不少摆线减速器厂商可以解决制约摆线在机器人应用的重量问题。
- 标的上，重点推荐【豪能股份】、【福达股份】，主打peek轻量化的【科达利】；建议关注【精锻科技】、【双环传动】（与中小市值组联合覆盖）。

科达利：深度布局PEEK轻量化摆线减速器

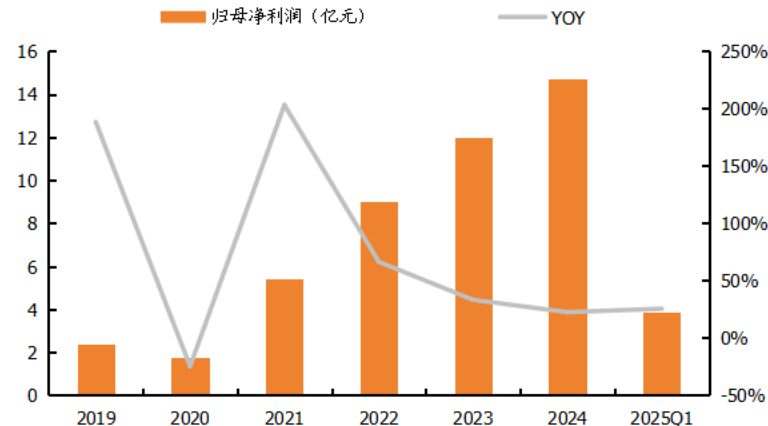
□在结构件领域有深厚积累。一家锂电池精密结构件和汽车结构件研发及制造企业，产品主要分为锂电池精密结构件、汽车结构件两大类，广泛应用于汽车及新能源汽车、便携式通讯及电子产品、电动工具、储能电站等众多行业领域。公司坚持定位于高端市场、采取重点领域的大客户战略。

□切入轻量化摆线减速器领域。2024年4月，科达利宣布与台湾盟立自动化股份有限公司、台湾盟英科技股份有限公司，共同投资创立深圳市科盟创新机器人科技有限公司。科盟创新的轻量化摆线减速机采用PEEK复合材料主体结构，薄型马达关节模块壳体则为PEEK复合材料与铝合金，实现轻量化。

图：科达利2019-2025Q1的营业收入



图：科达利2019-2025Q1的归母净利润

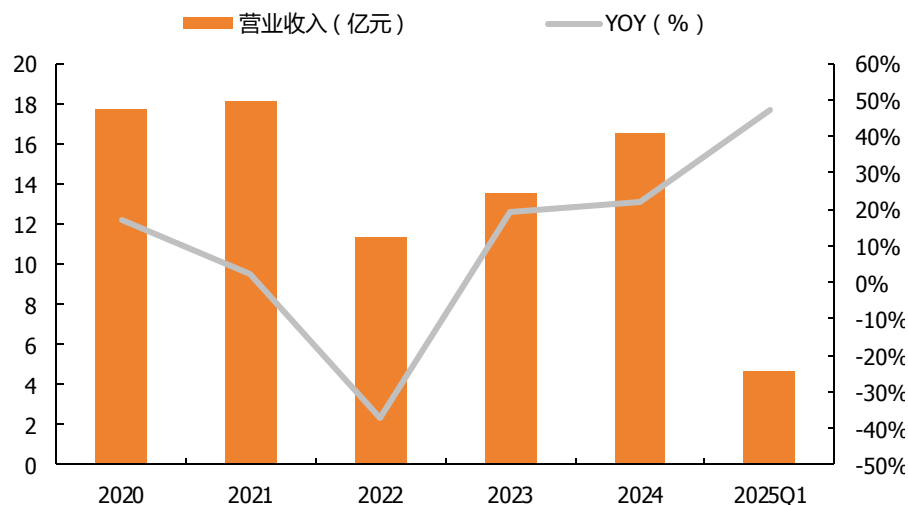


福达股份：投资长坂科技，进军摆线减速器领域

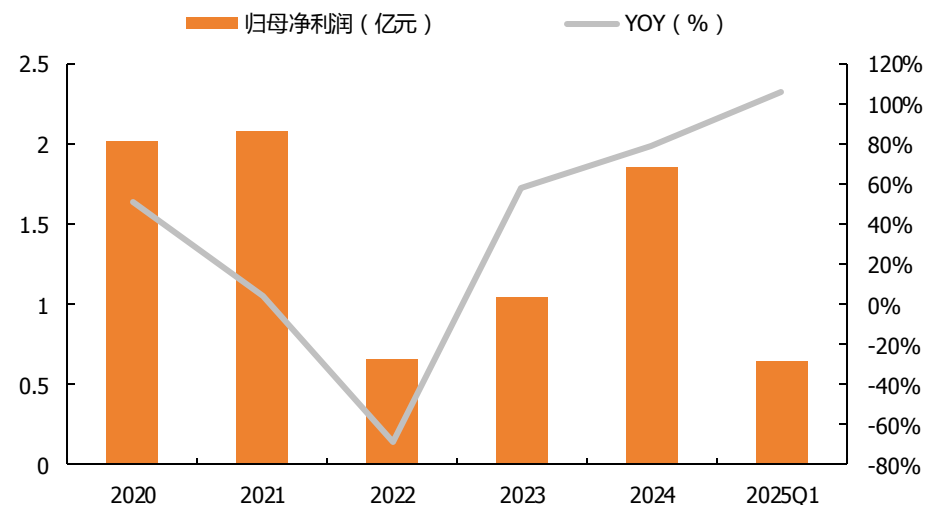
福达股份是一家专注于高端制造领域的国家高新技术企业，主要从事发动机曲轴、精密锻件、新能源电驱齿轮、汽车离合器、螺旋锥齿轮、高强度螺栓的研发、生产与销售。

2025年，福达股份投资了长坂科技，以加速开拓机器人领域的业务。长坂科技长期从事各种精密减速器研究，公司核心团队研制的精密减速器可以用于各类机器人、航空航天、国防军工、医疗设备、高端装备、智能装备等行业。公司的减速器产品覆盖精密摆线减速器、谐波减速器、行星减速器等，均拥有自主知识产权。

图：福达股份2020-2025Q1的营业收入



图：福达股份2020-2025Q1的归母净利润

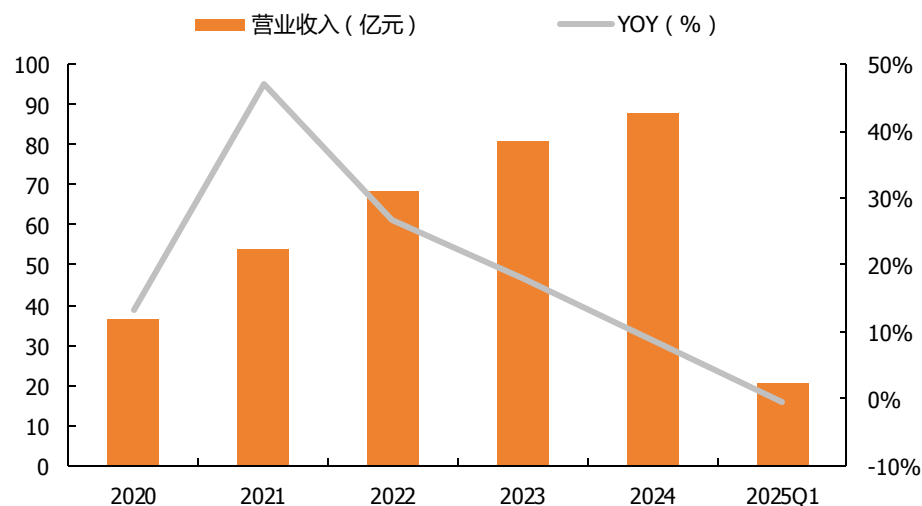


双环传动：减速器产品已开始接触特斯拉机器人

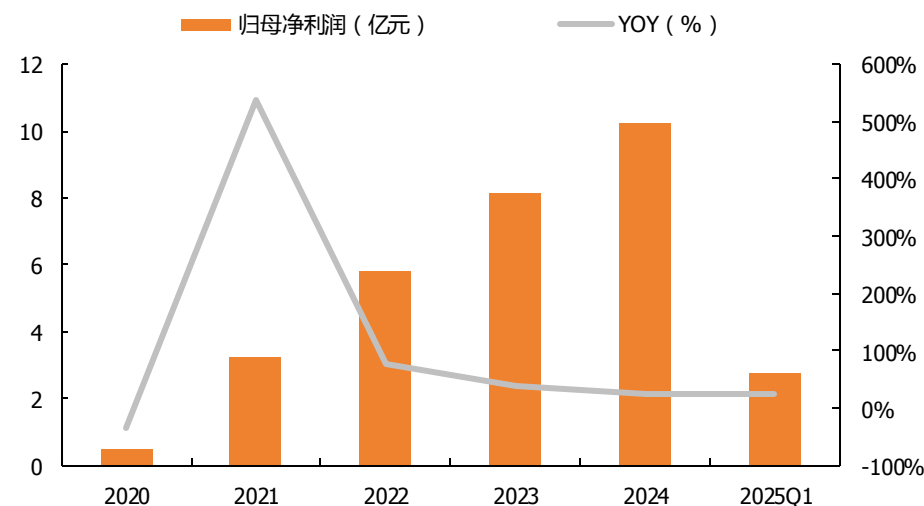
□双环传动专注于齿轮传动产品制造。目前的主要产品为乘用车齿轮、商用车齿轮、工程机械齿轮、工业机器人减速器及其他产品，子公司环动科技的RV减速器已获得市场积极肯定。目前，公司积极探索和创新机器人减速器结构，不断扩充产品谱系、提升产品性能，同时积极开拓更多优质客户，实现机器人精准、高效运行，助推机器人行业高质量发展。

□据21世纪经济网报道，公司的减速器产品接触特斯拉。双环传动已经开始与特斯拉人形机器人团队接触，并联合进行小型RV减速器的开发，按特斯拉人形机器人需要调整RV减速器的转速、扭矩及接口。

图：双环传动2020-2025Q1的营业收入



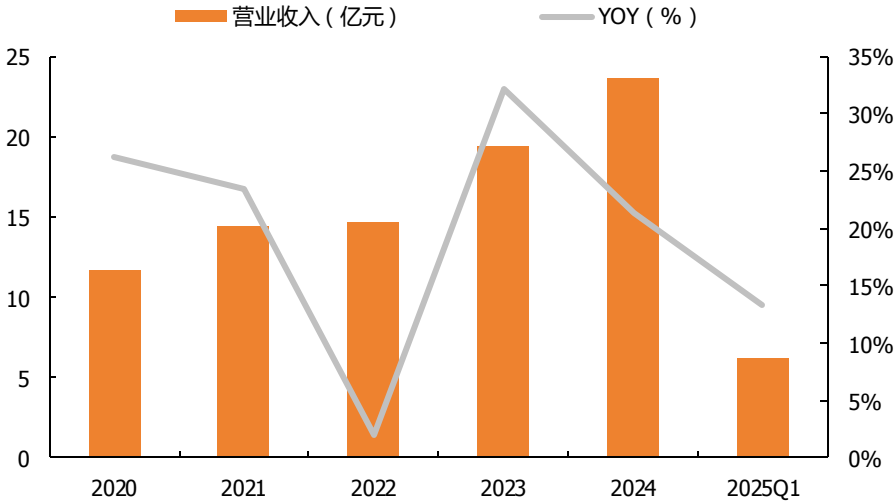
图：双环传动2020-2025Q1的归母净利润



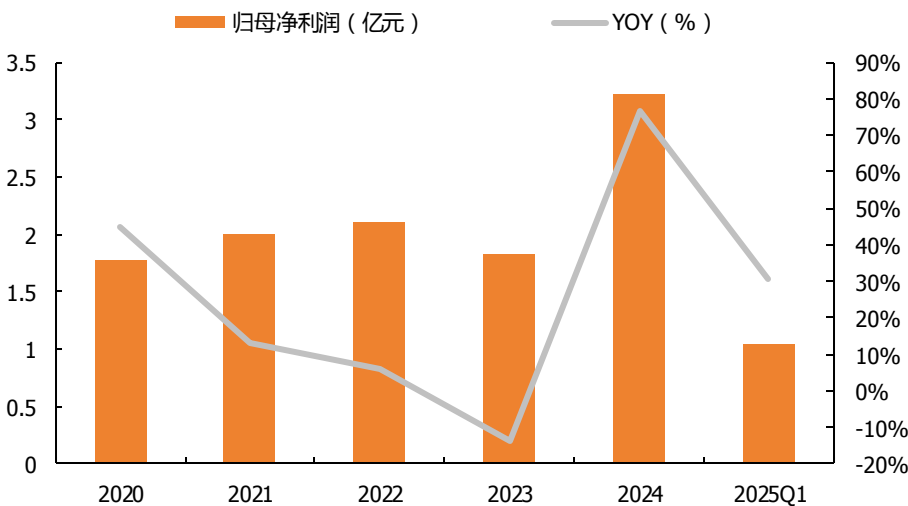
豪能股份：背靠重庆政府，打造机器人精密减速器

- 豪能股份在汽车零部件行业深耕数十年，集产品设计、研发、制造和销售于一体，涵盖汽车同步器、差速器、离合器，主要产品有铜质同步器齿环、钢质同步器齿环、齿毂、齿套、结合齿、离合器主转毂及支撑、行星半轴齿轮、差速器壳体及迷宫密封环等，同时具备同步器总成和差速器总成全产品线供应能力，实现了乘用车、商用车全覆盖。
- 进军机器人领域。公司在璧山区人民政府的支持下将机器人用高精度减速机纳入长远发展规划，截止到24年底，正在推进机器人用高精度减速机及关节驱动总成项目，未来有望参与重庆市璧山区人民政府牵头设立的人工智能机器人项目公司，共同打造机器人产业生态圈，进而推动公司在机器人用高精度减速机产业的发展。

图：豪能股份2020-2025Q1的营业收入



图：豪能股份2020-2025Q1的归母净利润

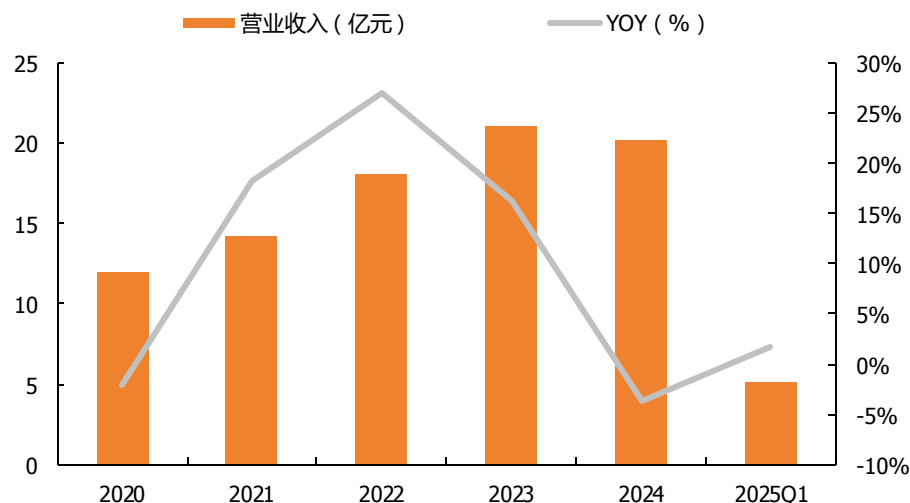


精锻科技：精密齿轮行业龙头，布局机器人减速器

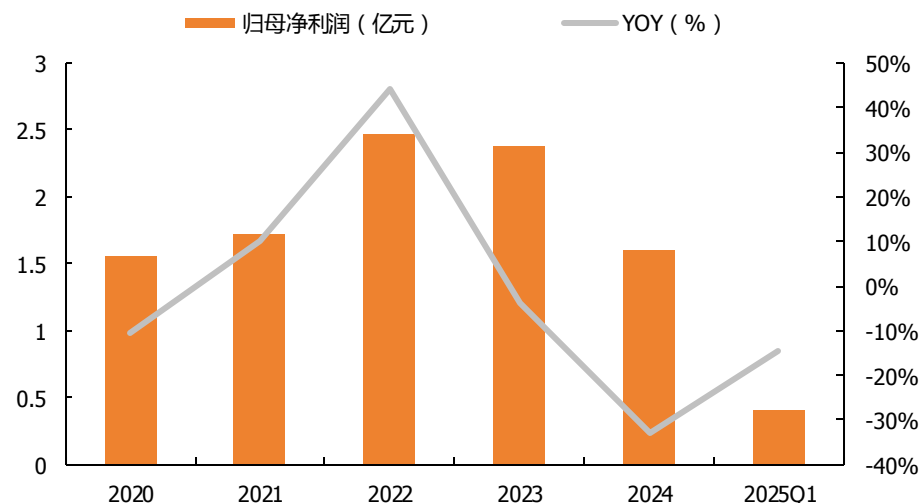
▣精锻科技的主营业务为汽车差速器锥齿轮、新能源汽车用电机轴和差速器总成、汽车变速器结合齿齿轮、汽车变速器轴类件、EDL（电子差速锁齿轮）、同步器齿圈、离合器驱动盘毂类零件、驻车齿轮、高端农业机械用齿轮等生产与销售，是行业领先的精锻齿轮供应商。目前，公司的产品已得到了多家国内外主流整车制造商、动力总成供应商的高度认可。

▣机器人业务：公司正在积极投资布局人形机器人领域，致力于成为全球领先的精锻齿轮、精密传动组件模块化成套供应商、精密成形技术系统解决方案提供商和具备国际竞争力的铝合金轻量化精密锻件供应商、人形机器人智能关节供应商。目前，公司在规划的减速器项目已有行星减速器，并根据未来客户和市场需求适时进行布局其他减速器。

图：精锻科技2020-2025Q1的营业收入



图：精锻科技2020-2025Q1的归母净利润



风险提示

- **人形机器人发展不及预期：**本文看好摆线减速器的下游是人形机器人的发展和放量，若行业进展不及预期，将影响全文的逻辑推演。
- **股价波动较大风险：**人形机器人行业属于0-1阶段，板块股价波动较大。
- **产品技术发展不如预期：**本文看好的摆线减速器在人形机器人应用拓展的逻辑依赖摆线产品本身的进步，若摆线减速器产品进展不及预期，将影响全文的逻辑推演。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。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。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风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。

天风证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。天风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。天风证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

特别声明

在法律许可的情况下，天风证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到天风证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的6个月内，相对同期沪深300指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益20%以上
		增持	预期股价相对收益10%-20%
		持有	预期股价相对收益-10%-10%
		卖出	预期股价相对收益-10%以下
行业投资评级	自报告日后的6个月内，相对同期沪深300指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅5%以上
		中性	预期行业指数涨幅-5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅-5%以下