

产业进程提速，看好上游核心零部件投资机会

——主题策略研究之人形机器人

投资要点

➤ 商业巨头入局，产业化落地有望实现

在特斯拉人形机器人发布以前，全球已经有不少厂商发布了自己的人形机器人，但这些厂商均受制于技术及成本问题尚未商业化，特斯拉结合其自动驾驶和机器视觉的领先技术优势，预计成本将降至2万美元/台，是目前最有可能实现产业化落地的厂商。随着未来技术的不断革新与进步，成本有望进一步下降，人形机器人产业化落地有望实现。

➤ 支持政策频出，产业进程提速

2023年1月，工业和信息化部等十七部门发布《“机器人+”应用行动实施方案》，在工业和信息化部等十七部门的带头指引下，山东省、深圳市、上海市、北京市近期密集跟进发布相应计划。当前政府政策持续加大支持力度，有望进一步推动人形机器人的发展。

➤ 硬件为人形机器人降本关键，看好上游核心零部件投资机会

减速器、伺服电机、控制器是人形机器人三大核心零部件，根据ofweek数据，减速器、伺服、控制器占工业机器人成本的比例分别为35%、20%、15%。人形机器人关节和自由度更多，预计零部件占比更高。看好人形机器人发展为上游核心零部件带来的增量机会。

➤ 投资建议

以ChatGPT为代表的大模型正在引领新一轮人工智能浪潮，AI大模型的突破将极大加速人形机器人的商业化落地进程，当前政府政策持续加大支持力度，有望进一步推动人形机器人的发展。建议关注价值量占比高、国产化空间大、毛利率高等核心零部件环节：1) 伺服电机：汇川技术。2) 空心杯电机：鸣志电器。3) 谐波减速器：绿的谐波。4) 滚珠丝杠：秦川机床。

➤ 风险提示

政策不及预期风险；人形机器人产业发展不及预期的风险；中美贸易摩擦风险。

投资评级：看好(首次)

分析师：吴起涛

执业登记编号：A0190523020001

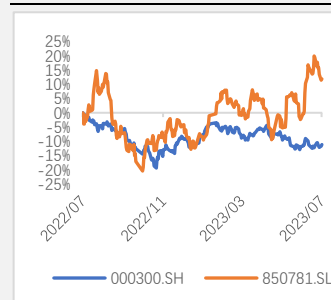
wuqidi@yd.com.cn

研究助理：陈恒发

执业登记编号：A0190123040006

chenhengfa@yd.com.cn

机器人指数与沪深300指数走势对比



资料来源：同花顺 iFinD，源达信息证券研究所

目录

一、商业巨头入局&政策频出，产业进程提速	3
1.发展历程：诞生多年，技术不断成熟	3
2.技术革新带来成本下降，产业化落地有望实现	4
3.支持政策频出，产业进程提速	5
二、硬件为人形机器人降本关键，看好上游核心零部件投资机会	7
1.减速器、伺服电机、控制器为人形机器人三大核心零部件，成本占比高	7
2.看好谐波减速器、电机和滚珠丝杠等核心零部件投资机会	8
三、投资建议	11
四、风险提示	12

图表目录

图 1：工业机器人成本占比	7
图 2：特斯拉机器人 Optimus 结构拆分	8
图 3：谐波减速器结构示意图	9
图 4：谐波减速器运行示意图	9
图 5：6mm 空心杯减速电机示意图	9
图 6：滚珠丝杠结构示意图	10
图 7：行星滚珠丝杠结构示意图	10
表 1：不同厂商人形机器人产品对比	4
表 2：2023 年以来人形机器人产业重点政策梳理	5
表 3：《北京市机器人产业创新发展行动方案（2023—2025 年）》关于人形机器人产业链关键环节的描述	6

一、商业巨头入局&政策频出，产业进程提速

1.发展历程：诞生多年，技术不断成熟

人形机器人起步于 1960 年代后期,业内认为,人形机器人的发展历程主要分为三个阶段：第一阶段，是以早稻田大学仿人机器人为代表的早期发展阶段；第二阶段，是以本田仿人机器人为代表的系统高度集成发展阶段；第三阶段，是以波士顿动力仿人机器人为代表的高动态运动发展阶段。

- 1973 年，日本早稻田大学的加藤一郎教授研发出世界上第一款人形机器人 WABOT-1 的 WL-5 号两足步行机。
- 1986 年，日本本田开始进行人形机器人 ASIMO 的研究，并成功于 2000 年发布第一代机型。
- 2003 年，日本丰田发布第一代仿人类机器人，即“丰田音乐伙伴机器人”，可以实现吹喇叭、拉小提琴等乐器演奏功能。
- 2011 年，本田推出 All-NewASIMO，具备利用传感器避开障碍物等自动判断并行动的能力，还能用五根手指做手语，或将水壶里的水倒入纸杯。至此人形机器人已具备初步的行动能力，逐步向特定场景应用发展。
- 2016 年，美国波士顿动力公司发布双足机器人 Atlas，具有极强的平衡性和越障能力，能够承担危险环境搜救任务。
- 2017 年，本田发布第三代人形机器人 T-HR3，是一款“反应灵敏的遥控机器人”，这款第三代人形机器人在新的领域做了开拓。可以模仿远程操纵者动作，并于 2020 年东京奥运会中用于与运动员进行远程交流。
- 2020 年，美国敏捷机器人公司成功推出第一款商业化出售的双足机器人 Digit，售价 25 万美元，其能够在无人干涉的环境下自行选定搬动箱子，适用于物流、仓储、工业等多种应用场景。
- 2021 年，日本丰田推出第四代家务机器人 Busboy，运用了更高级的 AI 和机器学习技术，既可感知场景也可检测物体及其表面，能够完成擦地板、拿取玻璃杯等家务活，被设计应用于解决老年家庭的家务问题。
- 2022 年，马斯克在特斯拉 AI 日上，首次发布人形机器人 Tesla Bot 计划，展示了其为替代人工而设计的 Optimus 原型机。特斯拉的加入引发了全世界对于人形机器人行业的关注。

2.技术革新带来成本下降，产业化落地有望实现

特斯拉预计其人形机器人制造成本将降至 2 万美元/台，随着技术不断革新，人形机器人产业化落地有望实现。在特斯拉人形机器人发布以前，全球已经有不少厂商发布了自己的人形机器人，但这些厂商均受制于技术及成本问题尚未商业化，特斯拉结合其自动驾驶和机器视觉的领先技术优势，预计成本将降至 2 万美元/台，是目前最有可能实现产业化落地的厂商。随着未来技术的不断革新与进步，成本有望进一步下降，人形机器人产业化落地有望实现。

表 1：不同厂商人形机器人产品对比

	优必选	小米	本田	软银	波士顿动力	特斯拉
身高	130cm	177cm	130cm	120cm	150cm	173cm
体重	63kg	52kg	48kg	28kg	80kg	73kg
行驶速度	3km/h	3.6km/h	9km/h	3km/h	5.4km/h	3km/h
自由度	41 个	21 个	57 个	20 个	28 个	50 个
技术方案	电机+减速器	电机+减速器	电机+减速器	电机+减速器	液压驱动	电机+减速器
应用场景	展览、表演、家庭等	生活服务	接待场景	商业、教育场景	研发平台	工业、生活服务
价格	-	约 10 万美元/台	-	3 万美元/台	约 7.5 万美元/台	2 万美元/台
产业化程度	产业化进行中	推出一代原型机	尚未产业化	2018 年停产	尚未产业化	推出一代原型机
图例						

资料来源：优必选官网，小米官网，本田官网，软银官网，波士顿动力官网，特斯拉官网，源达信息证券研究所

3.支持政策频出，产业进程提速

2023 年 1 月，工业和信息化部等十七部门发布《“机器人+”应用行动实施方案》，在工业和信息化部等十七部门的带头指引下，山东省、深圳市、上海市、北京市近期密集跟进发布相应计划，特别是 6 月 28 日发布的《北京市机器人产业创新发展行动方案（2023—2025 年）》，该方案是首个全方位支持人形机器人加快发展的政策文件，涵盖从整机、核心技术、关键零部件到应用场景。我们认为，以 ChatGPT 为代表的大模型正在引领新一轮人工智能浪潮，AI 大模型的突破将极大加速人形机器人的商业化落地进程，当前政府政策持续加大支持力度，有望进一步推动人形机器人的发展。

表 2：2023 年以来人形机器人产业重点政策梳理

时间	部门	文件名	主要内容
2023.1	工信部等十七部门	《“机器人+”应用行动实施方案》	到 2025 年，制造业机器人密度较 2020 年实现翻番，服务机器人、特种机器人行业应用深度和广度显著提升，机器人促进经济社会高质量发展的能力明显增强。聚焦 10 大应用重点领域，突破 100 种以上机器人创新应用技术及解决方案，推广 200 个以上具有较高技术水平、创新应用模式和显著应用成效的机器人典型应用场景。
2023.4	山东省人民政府	《山东省制造业创新能力提升三年行动计划（2023—2025 年）》	加快布局人形机器人、元宇宙、量子科技、未来网络、碳基半导体、类脑计算、深海极地、基因技术、深海空天开发等前沿领域，推进 6G 技术研发和应用。
2023.5	深圳市人民政府	《深圳市加快推动人工智能高质量发展高水平应用行动方案（2023—2024 年）》	加快组建广东省人形机器人制造业创新中心；发挥粤港澳大湾区制造业优势，开展人形机器人规模化应用。
2023.6	上海市人民政府	《上海市推动制造业高质量发展三年行动计划（2023-2025 年）》	到 2025 年，规模以上制造业企业数字化转型比例达 80%以上，工业机器人使用密度力争达 360 台/万人，规模以上工业单位增加值能耗持续下降。
2023.6	北京市人民政府	《北京市机器人产业创新发展行动方案（2023-2025 年）》	着眼世界前沿技术和未来战略需求，加紧布局人形机器人，带动医疗健康、协作、特种、物流四类优势机器人产品跃升发展，实施百项机器人新品工程，打造智能

驱动、产研一体、开放领先的创新产品体系。

资料来源：北京市人民政府，上海市人民政府官网，深圳市人民政府官网，山东省人民政府官网，工信部官网，源达信息证券研究所

表 3：《北京市机器人产业创新发展行动方案（2023—2025 年）》关于人形机器人产业链关键环节的描述

核心环节	主要方向	具体方面
大模型	通用人工智能大模型	突破大模型多模数据融合关键技术，研发图像、文本、语音及力、热、电、磁等多模传感数据融合处理的大模型系统。
	基础通用技术	突破机器人系统设计、模块化与重构、轻量化设计、信息感知与导航、多任务规划与控制、安全性与可靠性、快速标定与精度维护、机器人云-边-端、机器人集群等基础通用技术。
	人机协作技术	突破人机共融安全、刚柔耦合变刚度机构，面向人机共融高安全决策机制，攻关三维全息环境建模，高精度触觉、力觉传感等人机协作技术。
	软件基础技术	突破机器人操作系统、通用控制软件平台，针对机器人研发、制造、测试和实际应用，研发通用支撑软件技术，提升数字技术和仿真平台软件应用水平。
	融合复用技术	探索软体机器人、人工肌肉、电子皮肤等新型结构的开发与应用，推动新材料、仿生技术、新型制造技术等交叉融合发展。
关键技术	减速器	发挥整机企业带动作用，发展高效率、高功率密度、力矩自感知、长期免维护的精密减速器产品，开展新型传动产品研制。
	伺服驱动系统	支持企业与高校院所合作，研制大功率、高精度、高动态响应、高可靠的伺服驱动系统以及智能一体化关节等。
	控制器	重点突破振动抑制、惯量动态补偿、多关节复杂运动高速解算及规划等技术，提高控制器的通用性、可扩展性和可靠性。
	传感器	着力攻克先进设计、制造、封测技术，优化工艺流程，降低生产成本，提高传感器精度、可靠性和稳定性。
零部件		

资料来源：北京市人民政府，源达信息证券研究所

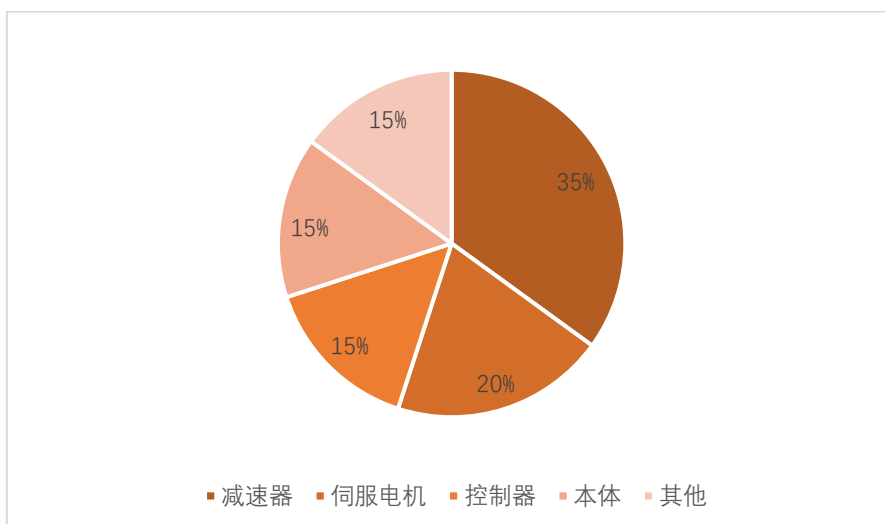
二、硬件为人形机器人降本关键，看好上游核心零部件投资机会

1. 减速器、伺服电机、控制器为人形机器人三大核心零部件，成本占比高

减速器、伺服电机、控制器是人形机器人三大核心零部件，成本占比超 70%。机器人核心零部件包括减速器、伺服电机、控制器等。根据 ofweek 数据，减速器、伺服电机、控制器占工业机器人成本的比例分别为 35%、20%、15%。

- **减速器**：精密减速器是连接伺服电机和执行机构的中间装置，通过齿轮啮合将伺服电机的动力传递到执行机构上，起到匹配转速和传递转矩的作用。目前应用于机器人领域的减速器主要有 RV 减速器和谐波减速器。
- **伺服电机**：伺服系统是能精确控制执行机构的自动控制系统，主要由伺服驱动器、伺服电机和编码器组成。伺服系统是工业自动化的关键零部件，能够控制物体的位置、方位、状态等输出量随着输入量的变化而变化，是实现精准定位、精准运动的必要途径。
- **控制器**：控制器相当于机器人的大脑，负责向机器发布和传递指令动作，控制机器人在工作中的运动位置、姿态和轨迹。

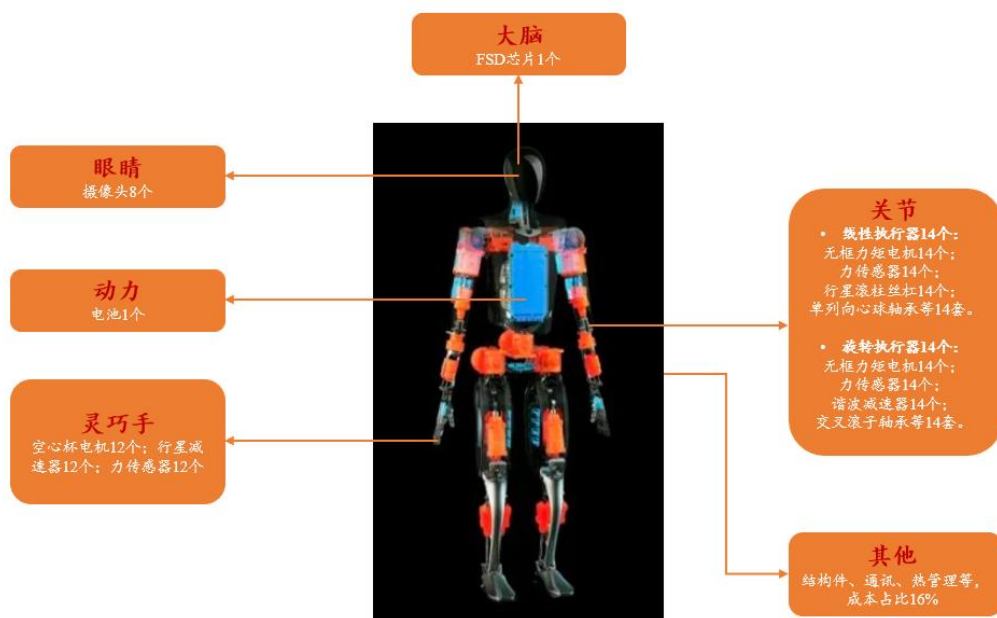
图 1：工业机器人成本占比



资料来源：ofweek，源达信息证券研究所

人形机器人关节和自由度更多。以特斯拉机器人为例，Optimus 共 28 个执行器，其中线性执行器 14 个、旋转执行器 14 个，并且在灵巧手等部位配备大量传感器。考虑到人形机器人关节和自由度更多，预计零部件占比更高。

图 2：特斯拉机器人 Optimus 结构拆分



资料来源：2022 年特斯拉人工智能大会，源达信息证券研究所

2.看好谐波减速器、电机和滚珠丝杠等核心零部件投资机会

● 谐波减速器

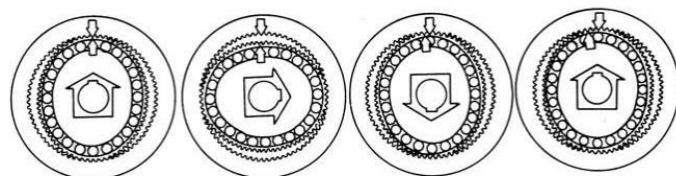
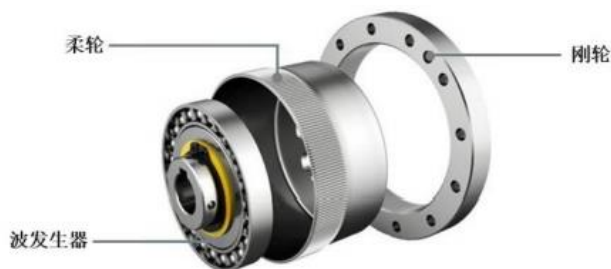
谐波减速器是一种靠波发生器使柔轮产生可控的弹性变形波，通过其与刚轮的相互作用，实现运动和动力传递的传动装置，其构造主要由带有内齿圈的刚性齿轮（刚轮）、带有外齿圈的柔性齿轮（柔轮）、波发生器三个基本构件组成。

谐波减速器工作原理：当波发生器装入柔轮内圈时，迫使柔轮产生弹性变形而呈椭圆状，长轴处柔轮齿轮插入刚轮的轮齿槽内，成为完全啮合状态；而其短轴处柔轮与刚轮完全不接触，处于脱开状态，当波发生器连续转动时，迫使柔轮不断产生变形并产生了错齿运动，从而实现波发生器与柔轮的运动传递。

谐波减速器在人形机器人中应用广泛。谐波减速器体积小、精度高、传动比高、传动平稳、可以向密闭空间传递运动等多个优点，但谐波减速器的刚度不高，在负载较大的情况下容易出现跳齿、脱齿现象，一般只能用于中轻型器械中。在工业机器人中谐波减速器主要用于小臂、腕部、手部等轻负载部位，人形机器人的负载较轻，因此谐波减速器的应用更加广泛。

图 3：谐波减速器结构示意图

图 4：谐波减速器运行示意图



资料来源：绿的谐波招股说明书，源达信息证券研究所

资料来源：绿的谐波招股说明书，源达信息证券研究所

● 电机

电机按照用途不同电机可划分为驱动类电机和控制类电机。其中控制电机按照控制方式的不同可分成伺服电机、步进电机。伺服电机被称为“工业机器人的心脏”，一般安装在机器人的“关节”处，为工业机器人提供精准的控制效果。空心杯电动机属于直流永磁的伺服、控制电动机，也可以将其归类为微特电机。

空心杯电机应用于人形机器人手部关节。空心杯电机具有启动转矩低、转子与定子间无径向作用力、速度曲线平滑，噪音小、峰值扭矩高、散热效果好等优点。人形机器人手指关节自由度提升，考虑到人形机器人的仿真性，其手指关节处需要配备体积小且能输出较大力的电机，空心杯电机具备较强契合度。

图 5：6mm 空心杯减速电机示意图



资料来源：兆威机电官网，源达信息证券研究所

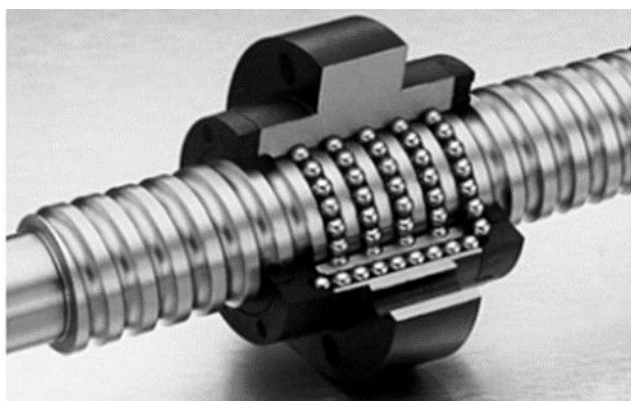
- 滚珠丝杠

滚珠丝杠的作用是将旋转运动转变为直线运动，或者将直线运动转变为旋转运动。因此滚珠丝杠既是传动原件，也是直线运动与旋转运动相互转化元件。滚珠丝杠是由丝杆轴和螺母组成，而其中螺母又是由钢球、预压片、反向器、防尘器等组成。

滚珠丝杠应用于人形机器人直线关节。滚珠丝杠具有摩擦损失小、传动效率高、精度高、高速度、轴向刚度高、传动的可逆性等优点，用于人形机器人的直线关节。

图 6：滚珠丝杠结构示意图

图 7：行星滚珠丝杠结构示意图



资料来源：《行星滚柱丝杠电动缸应用现状》，源达信息证券研究所

资料来源：《行星滚柱丝杠电动缸应用现状》，源达信息证券研究所

三、投资建议

以 ChatGPT 为代表的大模型正在引领新一轮人工智能浪潮，AI 大模型的突破将极大加速人形机器人的商业化落地进程，当前政府政策持续加大支持力度，有望进一步推动人形机器人的发展。建议关注价值量占比高、国产化空间大、毛利率高等核心零部件环节：

- 1) 伺服电机：汇川技术。
- 2) 空心杯电机：鸣志电器。
- 3) 谐波减速器：绿的谐波。
- 4) 滚珠丝杠：秦川机床。

四、风险提示

政策不及预期风险: 行业发展受政策扶持较多，各地区政策推出、落实存在差异，若配套政策落实不及预期，影响行业发展。

人形机器人产业发展不及预期的风险: 若人形机器人技术进步或成本下降偏慢，可能导致产业进展不及预期的风险。

中美贸易摩擦风险: 若美国对人形机器人中国配套供应链厂商加强限制，将对国产厂商发展造成不利影响。

投资评级说明

行业评级	以报告日后的 6 个月内，证券相对于沪深 300 指数的涨跌幅为标准，投资建议的评级标准为：
看 好：	行业指数相对于沪深 300 指数表现+10%以上
中 性：	行业指数相对于沪深 300 指数表现-10%~+10%以上
看 淡：	行业指数相对于沪深 300 指数表现-10%以下
公司评级	以报告日后的 6 个月内，行业指数相对于沪深 300 指数的涨跌幅为标准，投资建议的评级标准为：
买 入：	相对于恒生沪深 300 指数表现+20%以上
增 持：	相对于沪深 300 指数表现+10%~+20%
中 性：	相对于沪深 300 指数表现-10%~+10%之间波动
减 持：	相对于沪深 300 指数表现-10%以下

办公地址

石家庄

河北省石家庄市长安区跃进路 167 号源达办公楼

上海

上海市浦东新区民生路 1199 弄证大五道口广场 1 号楼 2306C 室

分析师声明

作者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。分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点。作者所得报酬的任何部分不曾与，不与，也不将与本报告中的具体推荐意见或观点而有直接或间接联系，特此声明。

重要声明

河北源达信息技术股份有限公司具有证券投资咨询业务资格，经营证券业务许可证编号：911301001043661976。

本报告仅限中国大陆地区发行，仅供河北源达信息技术股份有限公司（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。本报告的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估。

本报告仅反映本公司于发布报告当日的判断，在不同时期，本公司可以发出其他与本报告所载信息不一致及有不同结论的报告；本报告所反映研究人员的不同观点、见解及分析方法，并不代表本公司或其他附属机构的立场。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司及作者在自身所知情范围内，与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

本报告版权仅为本公司所有，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。如引用须注明出处为源达信息证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的，应当注明本报告的发布人和发布日期，提示使用证券研究报告的风险。未经授权刊载或者转发本报告的，本公司将保留向其追究法律责任的权利。