

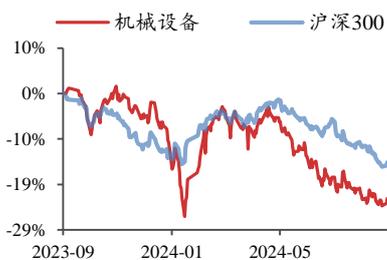
机械设备

2024年09月22日

投资评级：看好（维持）

——行业周报

行业走势图



数据来源：聚源

相关研究报告

《机械行业 2024 年中报总结：板块分化，关注出口链及新质生产力两条主线——行业周报》-2024.9.17

《2024 世界机器人大会总结：人形机器人快速迭代，商业化序幕拉开——行业深度报告》-2024.9.13

《两船合并：船舶巨无霸即将诞生，央企重组预期或被点燃——行业周报》-2024.9.8

人形机器人板块价值凸显，特斯拉 Robotaxi 或再形成催化

孟鹏飞（分析师）

孙垚林（联系人）

mengpengfei@kysec.cn

sunkailin@kysec.cn

证书编号：S0790522060001

证书编号：S0790123040044

● 人形机器人板块价值凸显，10月特斯拉 Robotaxi 或再形成催化

人形机器人有望进入放量前夕，包括百度、字节、腾讯、华为等越来越多的大厂将下一次人工智能机会锁定具身智能方向，板块进入里程碑节点。特斯拉将在2024年10月10日举行 Robotaxi “Cybercab” 揭幕活动，马斯克认为该活动是自2016年 Model 3 发布以来特斯拉最重要的时刻。完全自动驾驶系统 FSD 是特斯拉 Robotaxi 以及特斯拉人形机器人的软件技术基础，依赖摄像头纯视觉路线以及算法算力共同支撑的端到端大模型。特斯拉 Robotaxi 的亮相标志着 FSD 系统的进一步突破，有望推动特斯拉人形机器人智能化进展再下一城。

● 人形机器人产品迭代加快，商业序幕拉开、量产降本可期

技术进展方面，目前人形机器人完成复杂运动的能力明显提升，但仍有待训练数据的积累推动泛化能力进一步成熟。**商业化方面**，特斯拉、优必选等领先厂商已启动汽车工厂实训，零售服务场景试点亦已提上日程。仅考虑智元等四家给出相对明确量产规划的国内厂商，2025年本体出货量便有望达2000台。随人形机器人设计方案收敛，零部件环节能逐步形成通用件，进而通过模块化生产、储存、组装，降低总体生产成本。多数零部件在国内均有产业基础，国内大厂成本管控经验丰富，国内供应链的成本优势有望充分发挥。

● 零部件重点关注减速器、丝杠、灵巧手、传感器、电机

结合特斯拉及国内头部人形机器人进展，考虑技术路线、产品能力、价值量、技术壁垒、降本能力等因素，我们认为当前重点关注弹性大的硬件环节。(1) 减速器用量预计超预期。(2) 丝杠：丝杠仍为重负载首选，随着工艺成熟和价格下降，国内采用行星滚柱丝杠的厂商有望增加。(3) 灵巧手或为竞争格局最好的零部件。(4) 传感器随功能升级类型逐步增多，其中编码器、扭矩传感器、视觉传感器基本为标配，而六维力矩传感器与触觉传感器目前多为选配项。(5) 电机多采用自研设计，量产后或将以外部采购为主。

● 受益标的

我们认为，随着人形机器人的销量扩大，关键零部件产业将成为核心受益方，具体包括：(1) 减速器：推荐标的：中大力德，受益标的：绿的谐波。(2) 丝杠：推荐标的：五洲新春，受益标的：北特科技。(3) 灵巧手：受益标的：兆威机电、鸣志电器。(4) 传感器：推荐标的：东华测试、康斯特，受益标的：柯力传感、安培龙。(5) 电机：推荐标的：雷赛智能，受益标的：步科股份、禾川科技、伟创电气、金力永磁。

● **风险提示**：人形机器人产业进展不及预期、国产厂商导入机器人供应链进度不及预期。

目 录

1、 特斯拉 Robotaxi 即将问世，智能化有望再下一城.....	3
1.1、 特斯拉 Robotaxi 将在 10 月 10 日亮相，或将迎来 Model 3 后新纪元.....	3
1.2、 车机协同，FSD 系统快速迭代支持人形机器人加速量产落地.....	3
2、 人形机器人产品迭代加快，商业序幕拉开、量产降本可期.....	4
3、 人形机器人量产实现的关键：高性能低成本零部件.....	5
4、 受益标的.....	8
5、 风险提示.....	8

图表目录

图 1： 特斯拉 Optimus 与汽车共用 AI 系统.....	3
图 2： 特斯拉 Optimus 机器人与汽车共用 D1 芯片.....	3
图 3： Walker S 系列检测轮胎并实时上传检测结果.....	4
图 4： 优必选科技展示“人形机器人工业场景解决方案”.....	4
图 5： 减速器+连杆仍为国内厂商主流传动方案.....	5
图 6： 智元、开普勒等厂家使用行星滚柱丝杠方案支持重负载场景.....	6
图 7： 兆威机电申请灵巧手整体设计专利.....	6
图 8： 兆威机电申请灵巧手控制系统专利.....	6
图 9： 智元 A2W 双臂内置六维力传感器，定位于柔性制造场景.....	7
图 10： 星动纪元 W1 搭载设觉传感器识别物体形状、位置、尺寸.....	8
表 1： 各厂商批量生产规划进度不一，汽车工厂、科研、零售服务场景已有明确规划.....	4
表 2： 根据宇树科技 G1 传感器价值量拆解，编码器、触觉传感器整体价值量较高.....	6

1、 特斯拉 Robotaxi 即将问世，智能化有望再下一城

1.1、 特斯拉 Robotaxi 将在 10 月 10 日亮相，或将迎来 Model 3 后新纪元

特斯拉将在 2024 年 10 月 10 日举行 Robotaxi “Cybercab” 揭幕活动。马斯克最早在 2016 年就提出 Robotaxi 构想。2019 年 4 月的特斯拉自动驾驶日上宣布 2020 年开始部署 Robotaxi。2024 年 4 月，马斯克表示今年在自动驾驶领域累计投入超过 100 亿美元。5 月，特斯拉提出希望在中国测试 Robotaxi。

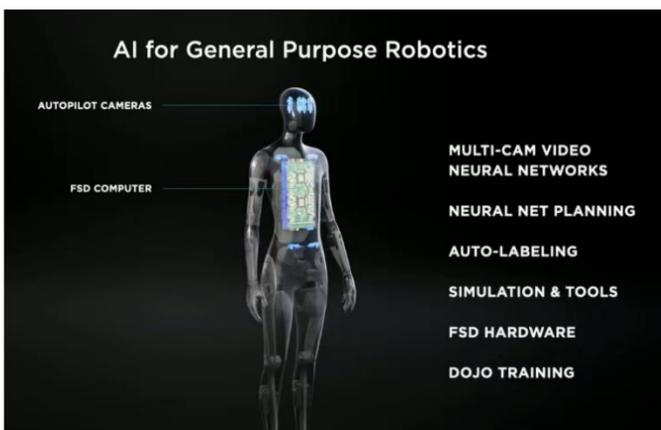
预计 Cyber cab 将是一款比 Model 3 更小、专为全自动驾驶 (FSD) 建造的车辆，将在德克萨斯州的 Giga 工厂生产。“Cybercab”揭幕有望成为自 2016 年 Model 3 揭幕以来对特斯拉来说最重要的时刻。马斯克曾多次表示这次特斯拉 Robotaxi 揭幕活动不仅将展示全新的实体自动驾驶出租车，还将展示“其他的一些新颖的东西”。

1.2、 车机协同，FSD 系统快速迭代支持人形机器人加速量产落地

自动驾驶突破带动特斯拉人形机器人智能化升级加速。我们认为，此次 robotaxi 揭幕活动上特斯拉有望展示其最新一代 FSD 系统的迭代成果。完全自动驾驶系统 FSD 是特斯拉 Robotaxi 以及特斯拉人形机器人 Optimus 的软件技术基础，主要依赖摄像头、雷达和超声波的纯视觉路线以及算法算力共同支撑的端到端大模型。

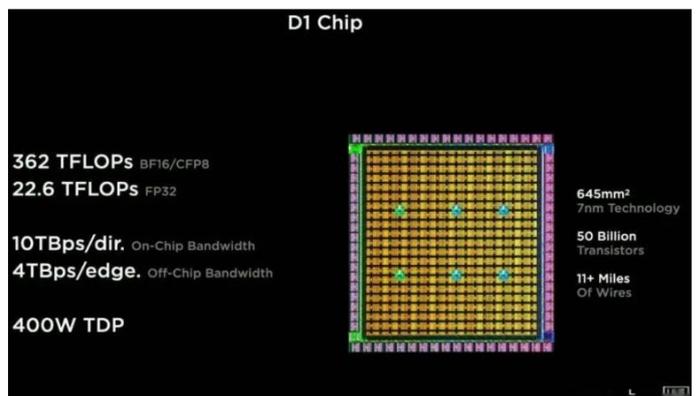
相比多传感器融合方案，纯视觉路线对算法和算力的要求更高。扩大数据收集场景，增加长尾场景训练量级，是特斯拉突破自动驾驶技术瓶颈的必经之路。同样，人形机器人也需要大量收集线路外数据，提高长尾场景训练量级。自动驾驶汽车摄像头采集的海量长尾场景数据最终能够传输至 Dojo 进行算法训练，最后通过 OTA 定义更新到 FSD 上，从而帮助人形机器人实现部分场景智能化决策。

图1：特斯拉 Optimus 与汽车共用 AI 系统



资料来源：特斯拉 2021 AI Day

图2：特斯拉 Optimus 机器人与汽车共用 D1 芯片



资料来源：特斯拉 2021 AI Day

人形机器人扩大训练基础设施投入的规模效益。特斯拉自研一系列 AI 训练基础设施，包括内核级的 Dojo Core、芯片级的 D1、模组级的 Dojo Tile 和集群级的 ExaPOD。单台 Dojo 服务器算力达到 54PFLOP，能大幅缩短 AI 计算（训练）时长。Dojo 暂无对外销售，这代表高昂的研发、制造成本均需特斯拉内部消化。特斯拉推出自动驾驶 FSD 和 Robotaxi 使得在商业模式上支持大规模的算力投入，而规模算力投入又将反哺到人形机器人算力基础设施建设，人形机器人的单机算力成本将远远低于同行，

且训练人形机器人模型的算力需求有助于摊薄特斯拉对于算力设施的固定投入。

2、人形机器人产品迭代加快，商业序幕拉开、量产降本可期

人形机器人已初步具备汽车工厂内应用能力、逐步打开零售等服务场景应用。家庭场景综合难度高，技术积淀有望逐步突破。工厂方面，以汽车总装线为例，优必选科技在8月份举办的世界机器人大会上展示了“人形机器人工业场景解决方案”，包括智能质检、智能分拣、智能搬运，涉及稳定行走、自主导航避障、协同合作等能力。零售等服务场景要求人形机器人具备理解客户需求并做出对应动作的能力。针对商品零售场景，银河通用搭建药店、便利店两个实景，GALBOT 机器人已能根据客户需求拿取对应商品，完成交付。

图3: Walker S 系列检测轮胎并实时上传检测结果



资料来源：优必选科技视频号

图4: 优必选科技展示“人形机器人工业场景解决方案”



资料来源：优必选科技视频号

领先厂商已启动汽车工厂、科研、零售服务等场景的商业化落地。特斯拉计划2025年开始小批量生产人形机器人，并在特斯拉工厂部署超过1000个人形机器人。北京具身人形机器人创新中心公布“百台天工计划”，将向重点科研机构与高校提供超百台“天工”系列机器人。银河通用预计将在2024年第四季度与美团进行合作，开启智慧药店和智能零售的机器人店试点。

智元机器人等厂商已提出明确量产规划，我们预计2024年国内厂商人形机器人（含轮式）出货量有望近千台。假设各厂商出货节奏不变，2025年样本内除优必选、银河通用外的四家国内厂商出货量有望达2000台。

表1: 各厂商批量生产规划进度不一，汽车工厂、科研、零售服务场景已有明确规划

公司	量产/商业化规划
特斯拉	2025年开始小批量生产人形机器人，并在特斯拉工厂部署超过1000个人形机器人。
智元机器人	2024年10月开始量产，每月生产100台，整体出货预期300台左右，其中人形200台、轮式机器人预计出货100台左右。
清宝引擎机器人	2024年出货量近百台，计划再投向市场300台。
北京具身人形机器人创新中心	公布“百台天工计划”，将向重点科研机构与高校提供超百台“天工”系列机器人。
UniX 优里奇	轮式双臂人形机器人 Wanda 将在9月进入小规模量产，年内预计将生产100台左右。
优必选科技	产品已经进入多家车厂，和东风柳汽、吉利汽车、一汽红旗、一汽-大众

公司	量产/商业化规划
银河通用	青岛分公司、一汽奥迪等诸多汽车企业达成合作。预计将在 2024 年第四季度与美团进行合作，开启智慧药店和智能零售的机器人店试点。

资料来源：证券日报之声公众号、上海证券报、北京亦庄、极客公园公众号等、开源证券研究所

人形机器人成本高昂，量产降本的需求前提逐步形成。2021 年至 2023 年 6 月，优必选共销售 10 台 Walker 系列人形机器人，平均售价高达 598 万元。高昂售价限制人形机器人应用普及。随本体厂数量增加及各家量产规划落地，人形机器人本体需求聚少成多，为上游供应链规模化量产降本创造需求条件。

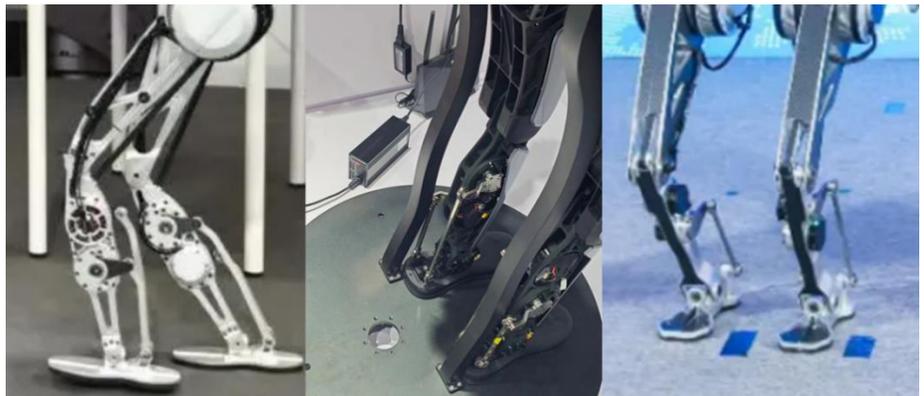
国内供应链量产降本经验丰富，人形机器人售价有望逐步下行。随人形机器人设计方案收敛，零部件环节能逐步形成通用件，进而通过模块化生产、储存、组装，降低总体生产成本。多数零部件在国内均有产业基础，国内大厂成本管控经验丰富，国内供应链的成本优势有望充分发挥。宇树科技已推出起售价低至 9.9 万元的 G1 量产版，我们认为国内供应链成本优势有望使更多人形机器人价格“亲民”。

3、人形机器人量产实现的关键：高性能低成本零部件

结合特斯拉及国内头部人形机器人进展，考虑技术路线、产品能力、价值量、技术壁垒、降本能力等因素，我们认为当前重点关注弹性大的硬件环节。

减速器：传动方案减速器用量超预期。旋转关节上，对负载有要求的关节一般采用行星减速器；轻载及对精度或对力反馈要求较高的关节一般采用谐波减速器。线性关节上，旋转执行器+连杆仍为国内厂商主流传动方案，用量或超此前预期。代表厂家包括宇树科技、乐聚机器人、北京人形机器人创新中心、逐际动力等。以乐聚机器人为例，其全身拥有 26 个自由度；单个人形机器人采用减速器的数量达到 26 个，这超过了 2022 年特斯拉 AI Day 中公布的单机采用 14 个减速器的设计方案。

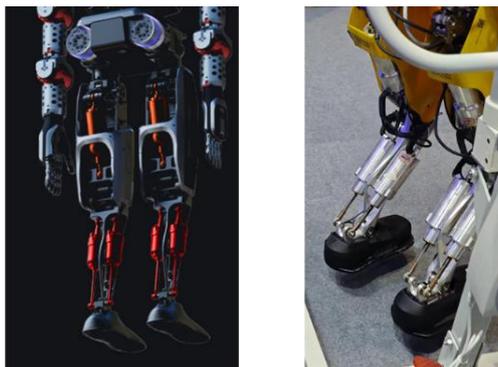
图5：减速器+连杆仍为国内厂商主流传动方案



资料来源：芯语、开源证券研究所

行星滚柱丝杠仍为重负载首选。行星滚柱丝杠成为重负载场景首选。代表产品包括智元机器人远征 A2 Max、开普勒机器人等。我们认为在人形机器人发展的初期阶段，由于技术的不成熟与应用的特殊性，行星滚柱丝杠面临着高度的定制化需求，这直接推高了其生产成本与单价。随着加工工艺的进一步成熟和完善，行星滚柱丝杠的单价将显著下降，有望达到每根约 1000 元的水平。届时，更多人形机器人制造商将采用行星滚柱丝杠作为其核心传动部件。

图6：智元、开普勒等厂家使用行星滚柱丝杠方案支持重载场景

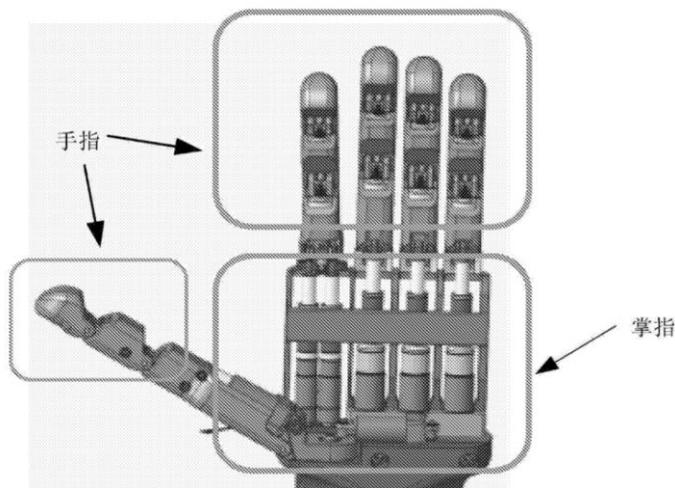


智元机器人远征A2 Max 开普勒机器人

资料来源：智元机器人、开源证券研究所

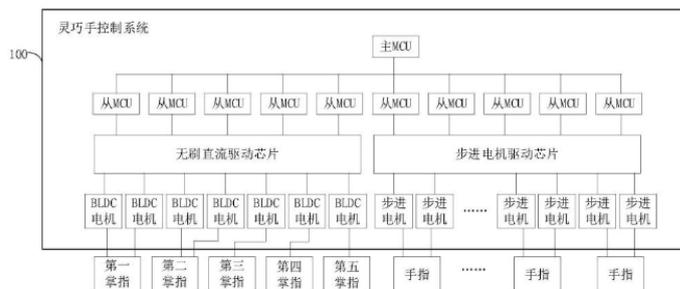
灵巧手是价值量高，格局好的人形机器人硬件环节。价格方面，灵巧手早期应用于科研领域，如 Shadow 灵巧手报价约 220 万元/只。用于假肢领域的仿生灵巧手灵活性略低，如德国的 Bebionic 仿生灵巧手价格至少 32 万元/只。竞争壁垒方面，灵巧手灵活性提升依赖数据积累，先发厂商优势有望延续。灵巧手核心零部件包含空心杯电机、微型齿轮箱和微型丝杠，加工制造能力要求高，设计和装配工艺壁垒高；具备微传动加工工程经验和规模量产制造能力的企业有望领先。竞争格局好，能有效抵抗价格通缩，未来在人形机器人大量生产时价格下降空间有限。

图7：兆威机电申请灵巧手整体设计专利



资料来源：人形机器人研究院公众号

图8：兆威机电申请灵巧手控制系统专利



资料来源：国家知识产权局

传感器，随功能升级类型逐步增多，与其他硬件融合是趋势。编码器、扭矩传感器、视觉传感器为人形机器人标配项，六维力矩传感器与触觉传感器暂为选配项。

- 编码器：价值量高。随着伺服控制性能提高，对编码器精度要求也在逐步提升，可采用的入门级方案为电机端加装绝对值编码器，进阶方案为增量双编码器（光编+磁编），高级别方案为双绝对值编码器（增加精度，减少系统复杂性）。

表2：根据宇树科技 G1 传感器价值量拆解，编码器、触觉传感器整体价值量较高

传感器	单价 (元/件)	数量 (件)	合计 (元)
-----	----------	--------	--------

传感器	单价 (元/件)	数量 (件)	合计 (元)
双编码器 (旋转执行器)	250	23	5750
标准视觉传感器	2000	1	2000
激光雷达	3000	1	3000
IMU	1500	1	1500
触觉传感器	500	12	6000

资料来源：机器人大讲堂、开源证券研究所

- 触觉传感器配合灵巧手使用，可实现人手抓取等动作。
- 六维力矩传感器价值量较高，降本后渗透率有望加速提升。我们认为六维力矩传感器是实现人形机器人精细化力控的核心器件，对比电流环具备显著优势，但由于价格因素应用较少。

图9：智元 A2W 双臂内置六维力传感器，定位于柔性制造场景



资料来源：智东西公众号

- 视觉传感器是机器人运动控制及避障的核心部件。视觉传感器的类型多样，包括摄像头（普通单目摄像头、深度摄像头）、激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达、红外传感器等。我们看到摄像头（普通单目摄像头、深度摄像头）在人形机器人本体中应用较广。我们认为目前人形机器人涉及室外运动场景较少，这也是采用摄像头可以满足当前需求的重要原因。随着室外场景、夜间环境等场景需求增加，激光雷达、毫米波雷达在人形机器人上的应用有望增多。

图10：星动纪元 W1 搭载设觉传感器识别物体形状、位置、尺寸


资料来源：IT之家

电机环节，本体厂商多采用自研设计，规模量产后或寻求外采或代工。无框电机集成在机器人关节中，结构紧凑、定制需求强，大部分厂商选择自研设计。在价值量方面，无框电机目前价值量普遍在 500-1000 元，降本空间相对小。我们认为，目前实现规模量产售卖的无框力矩厂商能够在前期实现产品快速迭代，在人形机器人规模量产时，有望借助先发卡位优势占据更高的市场份额。

4、受益标的

我们认为，随着人形机器人的销量扩大，其关键零部件产业将成为核心受益方，具体包括：

- (1) 减速器：推荐标的：中大力德，受益标的：绿的谐波。
- (2) 丝杠：推荐标的：五洲新春，受益标的：北特科技。
- (3) 灵巧手：受益标的：兆威机电、鸣志电器。
- (4) 传感器：推荐标的：东华测试、康斯特，受益标的：柯力传感、安培龙。
- (5) 电机：推荐标的：雷赛智能，受益标的：步科股份、禾川科技、伟创电气、金力永磁。
- (6) 动作捕捉。

5、风险提示

人形机器人产业进展不及预期、国产厂商导入机器人供应链进度不及预期。

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。根据上述规定，开源证券评定此研报的风险等级为R4（中高风险），因此通过公共平台推送的研报其适用的投资者类别仅限定为专业投资者及风险承受能力为C4、C5的普通投资者。若您并非专业投资者及风险承受能力为C4、C5的普通投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研报中的任何信息。因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师承诺

负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。负责准备本报告的分析师获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户的反馈、竞争性因素以及开源证券股份有限公司的整体收益。所有研究分析师或工作人员保证他们报酬的任何一部分不曾与，不与，也将不会与本报告中具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

股票投资评级说明

	评级	说明
证券评级	买入（Buy）	预计相对强于市场表现 20%以上；
	增持（outperform）	预计相对强于市场表现 5%~20%；
	中性（Neutral）	预计相对市场表现在-5%~+5%之间波动；
	减持（underperform）	预计相对弱于市场表现 5%以下。
行业评级	看好（overweight）	预计行业超越整体市场表现；
	中性（Neutral）	预计行业与整体市场表现基本持平；
	看淡（underperform）	预计行业弱于整体市场表现。

备注：评级标准为以报告日后的 6~12 个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅表现，其中 A 股基准指数为沪深 300 指数、港股基准指数为恒生指数、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）、美股基准指数为标普 500 或纳斯达克综合指数。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取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

法律声明

开源证券股份有限公司是经中国证监会批准设立的证券经营机构，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供开源证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的机构或个人客户（以下简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告是发送给开源证券客户的，属于商业秘密材料，只有开源证券客户才能参考或使用，如接收人并非开源证券客户，请及时退回并删除。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他金融工具的邀请或向人做出邀请。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。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。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。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。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告做出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的开源证券网站以外的地址或超级链接，开源证券不对其内容负责。本报告提供这些地址或超级链接的目的纯粹是为了客户使用方便，链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

开源证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。开源证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

本报告的版权归本公司所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

开源证券研究所

上海

地址：上海市浦东新区世纪大道1788号陆家嘴金控广场1号楼3层
邮编：200120
邮箱：research@kysec.cn

深圳

地址：深圳市福田区金田路2030号卓越世纪中心1号楼45层
邮编：518000
邮箱：research@kysec.cn

北京

地址：北京市西城区西直门外大街18号金贸大厦C2座9层
邮编：100044
邮箱：research@kysec.cn

西安

地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层
邮编：710065
邮箱：research@kysec.cn