

科技设备掘金

——机械行业2024年度投资策略

民生机械团队 李哲/罗松/占豪

总体策略

- 当前我国工业化已基本完成，制造业资本开支整体增速趋缓，设备订单呈现周期性特征。宏观环境的波动加大和不可预测性增强，对于总量的冲击也更大。我们判断，**近段时间的设备行业结构性机会强于总量机会，把握产业趋势和景气下游更为关键。**
- **从产业景气角度，消费电子、半导体设备**经过周期性的调整以后，预计将景气度向上。
- **从产业趋势角度**，全球又进入新一轮科技涌现期，AI、人形机器人等新科技到达发展奇点，对制造业发展影响深远；海外对于关键领域的科技限制也倒逼我们进行科技升级。我国拥有工程师红利优势，有望在科技发展中占据有利位置。因此**科技类投资机遇发展获得充要条件，把握变化奇点更加重要。如人形机器人、复合铜箔设备、钙钛矿设备等。**
- **看好标的：**奥来德、创世纪、中微公司、巨星科技、贝斯特等。
- **把握优质个股：**奕瑞科技、杰瑞股份等。
- **风险提示：** 1) 宏观周期性波动风险；2) 半导体设备国产化进展不及预期风险；3) X 射线检测应用不及预期；4) 下游需求复苏不及预期的风险。



1

总体策略

2

科技赛道

2.1 消费电子设备

2.2 半导体设备

2.3 人形机器人

2.4 复合集流体

2.5 钙钛矿

2.6 X光检测设备

3

总量行业

3.1 出口链

3.2 工程机械

4

风险提示

CONTENTS

目录

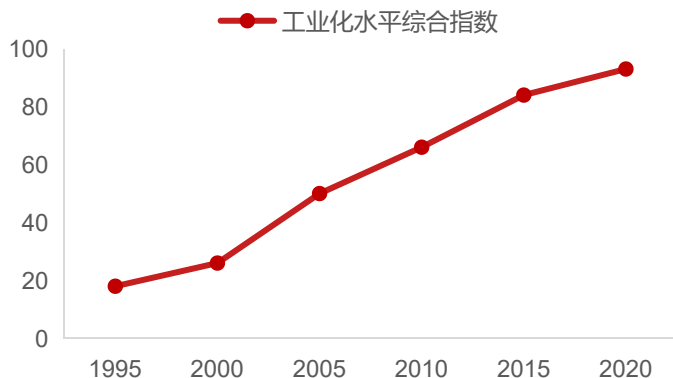


1. 总体策略

1 工业化基本完成，制造业总体固定资产投资增速放缓

- **2020年我国已经基本实现工业化。**根据中国社会科学院经济研究所的划分，工业化水平指数达到100就表明全面实现工业化，而2020年中国整体工业化水平指数93，工业化已基本实现。
- **制造业固定资产投资增速放缓。**在整体工业化水平较高的基础上，国内制造业固定资产投资完成额累计同比除2020年-2022年由于疫情影响有所波动外，呈现增速放缓趋势。更应关注固定资产投资加速的细分领域。

图表：2020年中国工业化基本完成



资料来源：经济学动态，经济参考报，民生证券研究院

图表：制造业固定资产投资放缓

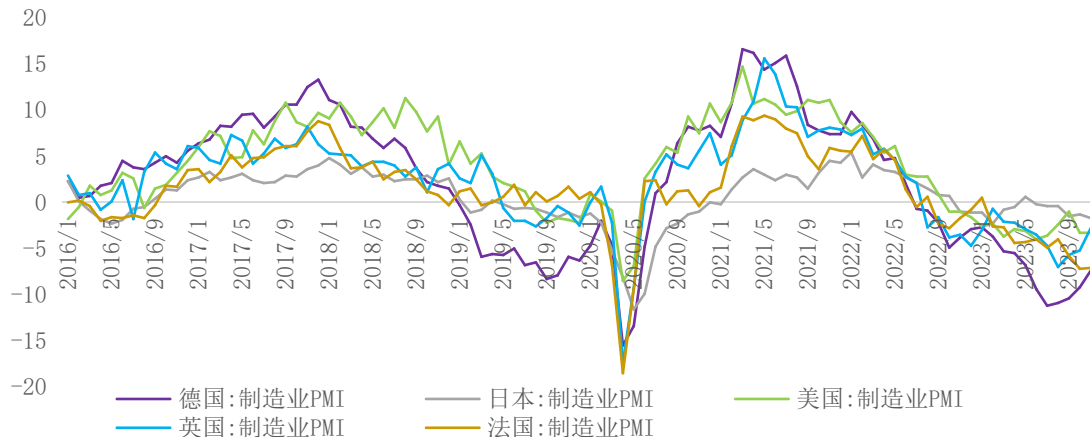


资料来源：Wind，民生证券研究院

1 海外需求收缩，我国制造业潜在市场空间缩小

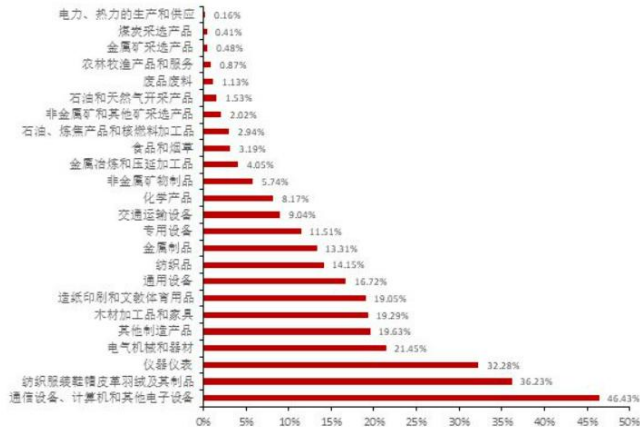
- **国际需求收缩或将对我国制造业产生影响。**从最新公布的各项数据来看，美国、德国、英国等国家的经济衰退迹象日渐凸显。根据ifind数据，美国、德国、英国、法国、日本11月制造业PMI分别为46.7、42.6、47.2、42.9、48.3，均在枯荣线下方。此外，美国11月制造业新订单分项为48.3，连续15个月处于枯荣线下方，预示着需求继续放缓。
- **制造业出口依存度高，设备潜在市场空间缩小。**2020年我国出口依存度较高的行业分别为TMT设备(46.43%)，纺织（36.23%），仪器仪表（32.28%），电气机械和器材（21.45%）等，需求减弱也会对上游设备产生影响。

图表：海外多国制造业PMI指数与枯荣线的差值



资料来源：ifind，民生证券研究院

图表：2020年各行业出口依存度

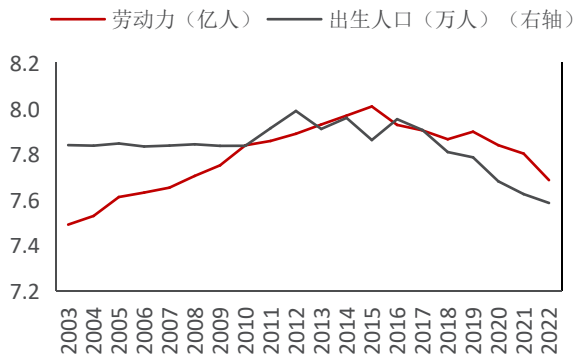


资料来源：清华金融评论，民生证券研究院

1 诸多因素叠加下，国内传统制造业优势减小

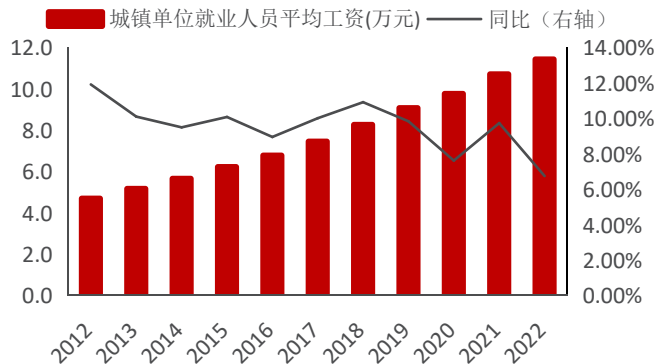
- **劳动力数量下降，制造业工资上涨。**出生人口呈现下降趋势，劳动力总数也自2015年达到顶峰后呈现缓慢下降趋势。在国内劳动力供给出现短缺的情况下，制造业平均工资水平不断提升。
- **低端制造业有全球化布局趋势。**受人力成本提升、出口国政策等影响，部分企业将自己的供应链调整到东南亚或其他市场。东南亚、墨西哥等国家和地区又采取了力度比较大的税收优惠措施，吸引外资进入。

图表：劳动力数量自2015年后呈下降趋势



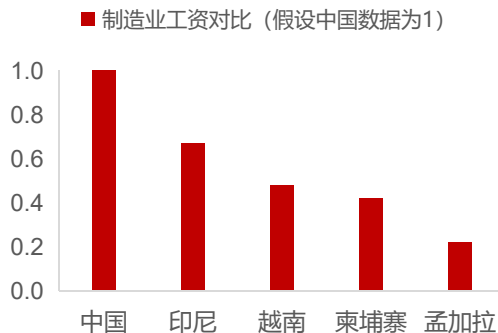
资料来源：中经数据，国家统计局，民生证券研究院

图表：制造业工资上涨（单位：元）



资料来源：国家统计局，民生证券研究院

图表：2020年制造业工资对比

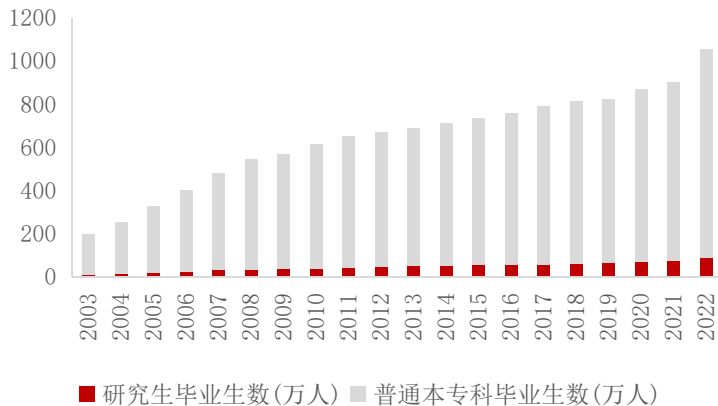


资料来源：华夏时报，民生证券研究院

1 工程师红利仍然雄厚，高科技是制造业发展必然方向

- **工程师红利雄厚。**近20年来，我国普通本专科与研究生毕业人数分别由2003年的187.1万人、11.1万人上升至2022年的967.3万人与86.2万人。人口素质的大幅度提升，意味着我国未来“工程师红利”将得到持续释放，对于我国经济质量、科技水平提升将起到重要支撑。
- **高科技是制造业发展必然方向。**参考日本的工程师红利发展过程，二战后，从军工厂出来的工程师开始转向民用领域，促进了日本经济恢复，这是第一波工程师福利。随后，日本推出了《新长期五年计划》等政策，大量扩建理工大学，扩招理工学生。此后的20年左右时间，理工科教育改革帮助制造业快速崛起，日本的汽车、电子、半导体等高端制造业迅速壮大。近30年来，日本制造业整体增速明显放缓，但已基恩士、爱德万为代表的高科技设备仍然录得强劲增长。

图表：中国历年普通专科及以上学历毕业生人数



资料来源：国家统计局，民生证券研究院

图表：日本高科技公司2013年1月1日至今区间最大涨跌幅

公司名称	主营业务	区间最大涨跌幅 (%)
基恩士	传感器、测量仪器、视觉系统、PLC、显微镜、激光打标机研究、发用分析仪器等	978.62
爱德万测试	半导体和组件测试，机电一体化系统等	1306.54
日立	半导体制造设备、热能，核能和可再生能源发电系统、工业机械等	2064.37

资料来源：Wind，民生证券研究院（注：截至2023年12月6日收盘价）

2. 科技赛道

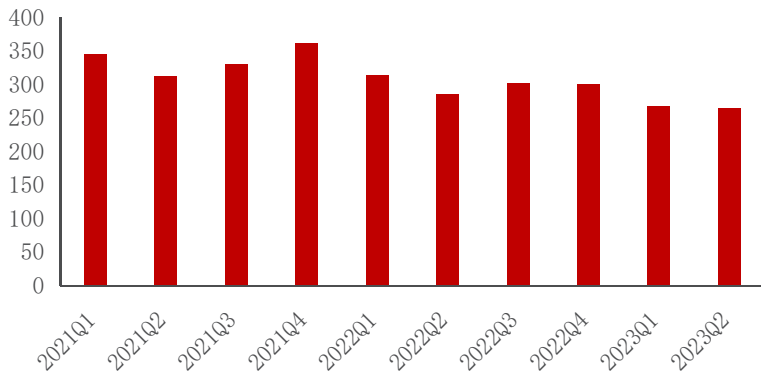
2.1 消费电子设备

2.1 终端市场需求回暖，消费电子复苏在即

- **2023Q2以来全球、中国智能手机出货跌幅收窄。**据 Canalsys, 2023Q1/Q2 全球智能手机出货量分别为 2.69/2.65亿部, 分别同比-14.5%/-7.2%, 跌幅自2022Q4 以来**连续2个季度收窄**。2023年第二季度, 中国智能手机市场出货量约6412万台, **同比下降2.44%, 降幅持续收窄**。据 IDC数据, 2023 年第一季度、第二季度国内智能手机出货量分别为 6029/6412万部, 分别同比-11.3%/-2.44%, 二季度以来中国市场智能手机出货量跌幅显著收窄。

图表：全球智能手机季度出货量（百万台）

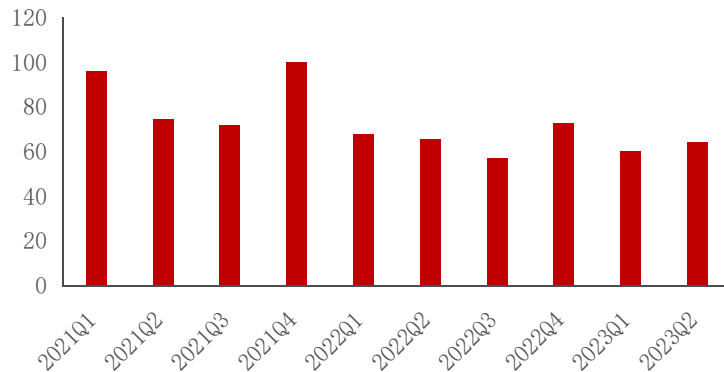
全球:季度出货量:智能手机（百万部）



资料来源：Wind，民生证券研究院

图表：中国智能手机市场季度出货量（百万台）

中国:季度出货量:智能手机（百万部）

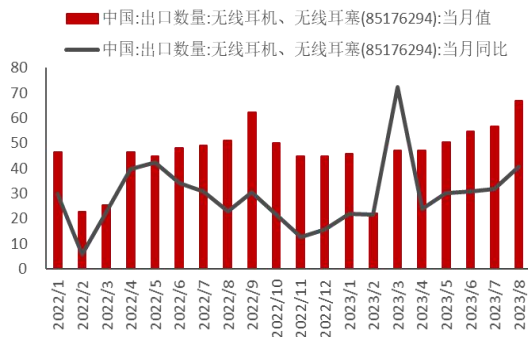


资料来源：Wind，民生证券研究院

2.1 IoT市场增速已经回正，PC端同比降幅收窄

- 中国无线耳机出口数量环比和同比已经连续六个月回升。最早在2023年3月出现复苏迹象，环比+114.86%，同比+86.79%，2023年8月，无线耳机出口数量环比+18.21%，同比+31.44%。
- 智能手表：根据Counterpoint最新数据显示，在经历2022Q4和2023Q1连续两季度的下滑后，2023年第二季度全球智能手表出货量触底回暖，同比增长11%。中国智能手表出货量9月同比、环比均上涨。
- PC端：2023年第三季度全球PC市场同比下跌7.6%，出货约6820万台。第三季度出货环比大增10.7%，PC需求有望走出低谷。

图表：中国无线耳机出口（单位：百万个，%）

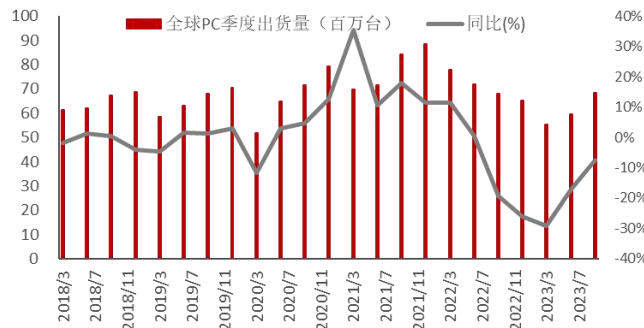


资料来源：Wind，民生证券研究院

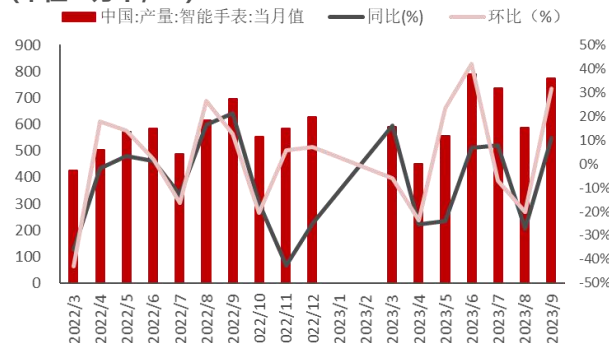
图表：无线耳机累计出口量（单位：百万个，%）



图表：2018Q1-2023Q3全球 PC端出货量



图表：2022Q1-2023Q3中国智能手表出货量及增速
(单位：万个，%)



2.1

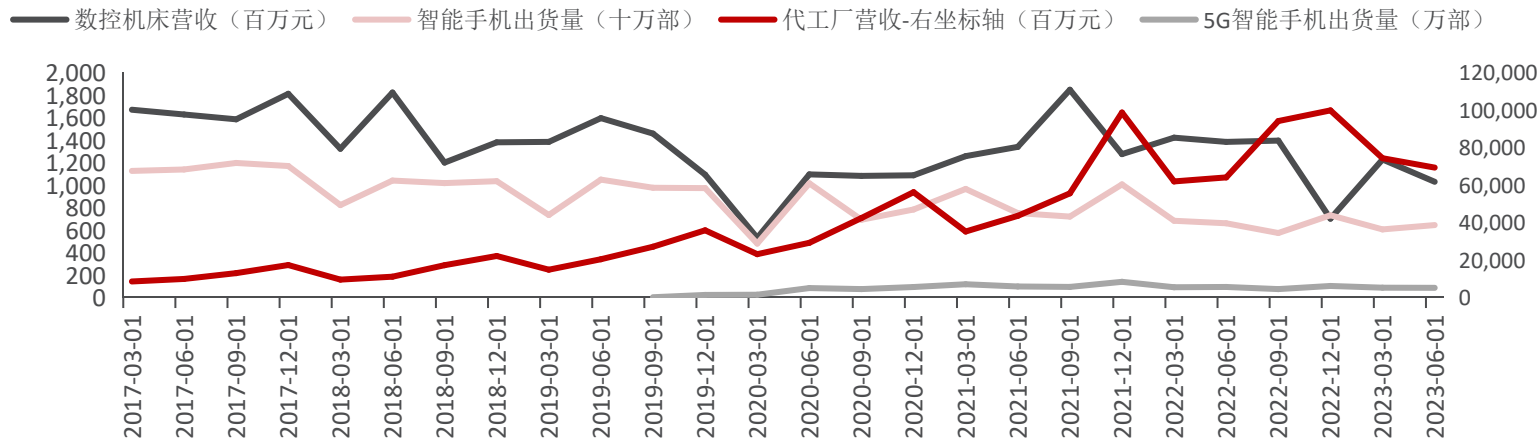
景气度延产业链有序传导

- 华为新机发布，有望带来安卓新一轮换机潮，苹果链同样有望受益于新品需求。**华为发布MatePad、智慧屏V5 Pro；Freebuds Pro 3；智能眼镜；Watch GT4，鸿鹄900、麒麟A2、星闪技术现身。预期随着iPhone15（采取潜望式镜头、钛合金、更窄边框、USB-C、3nm芯片和UI升级等技术更新）、Mac（M3芯片）、iPad、Watch等更多新品发售，苹果链有望受益。
- 上游设备端大单已显，数控机床等设备公司率先感知下游需求提振。**从三季报业绩来看，消费电子相关的核心标的Q3收入环比改善最为明显，如蓝思科技、立讯精密收入环比均有明显改善，水晶光电、光弘科技Q3收入环比大增73.57%和54.40%。2023年，4月24日和8月21日，宇环数控先后披露了签订日常经营重大合同的公告。两起公告显示，公司先后捷普成都签订了订单金额分别为1.07亿元和1.46亿元的合作。捷普成都采购的数控机床主要用于下游3C消费电子的加工，据宇环数控相关新闻报导，公司正在为履行上述两笔重大合同积极生产交货。
- 终端客户产品需求预期向好，中下游供应商积极备货。**蓝思科技下半年订单较为充足，主要由于各终端客户在电子元器件成本缓解下，更加重视外观结构件的差异化创新，单机结构件价值量处于企稳回升之中，同时玻璃材质后盖占比有所回升。另外，在玻璃材质的外观性能和结构上，还有新突破和新技术，所以对整个产品的价值是有提升的。安克创新旗下的Anker（安克）作为全球知名的手机充电及周边配件品牌，考虑到物料的备货周期、新品上市的计划排程、以及站内外活动资源，供应链提前推导出备货和补货计划，以确保全渠道的库存充足。

2.1 景气度沿产业链有序传导

- **设备配套技术升级，3C加工设备迭代带来增长强劲动能。**此前，5G技术升级，加工精度要求调高，带来设备替换需求。2015-2017年为满足智能手机及金属化需求，精密结构件厂商大规模集中采购CNC设备，此后智能手机进入存量市场，CNC设备趋于饱和、企业不再进行大规模采购，3C制造业固定资产投资额也有所下降。由于3C行业的5G技术的升级，叠加消费电子结构复杂度、精度持续提升，CNC设备加工精度从微米迭代到纳米、粗加工和精加工精度进一步提高，以及玻璃后盖的普及，CNC设备逐步开启存量替换周期，进而拉动营业收入上涨。
- **我们选取创世纪和宇环数控两家数控机床厂商作为代表，代工厂选取歌尔和立讯精密作为代表厂商，拟合智能手机出货量数据，从图中可以发现数控机床厂商业绩增长大约领先于代工厂营收一个季度发生变化。**

图表：智能手机产业链营收季度变化节奏

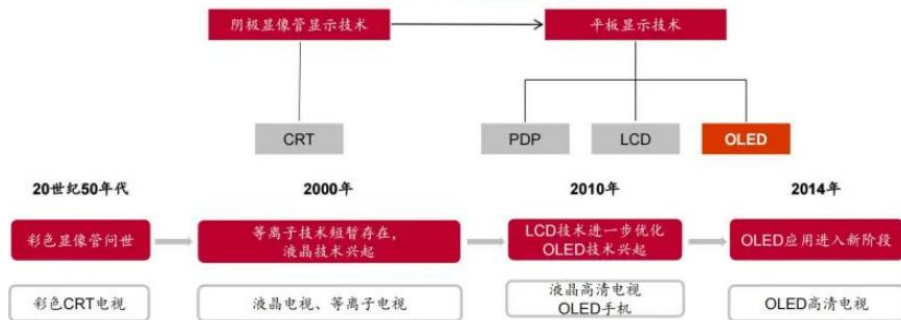


资料来源：Wind，民生证券研究院

2.1 OLED是未来主流显示技术

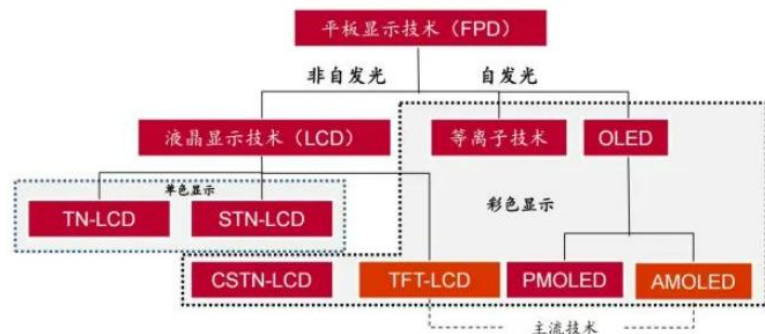
- 显示技术目前已经发展至第四代。电视、笔记本、平板等电子产品已经深深融入人们的日常生活，未来作为VR、MR等人机交互的窗口，信息技术的发展离不开显示技术的支持。自从显示技术发明到现在，技术进步快速，从最初的阴极管显示技术（CRT）到平板显示技术（FPD），平板显示技术又延伸出等离子显示（PDP）、液晶显示（LCD）、有机发光二极管显示（OLED）等技术路线。从2014年开始，显示技术进入第四代。
- OLED（Organic Light-Emitting Diode）属于一种电流型的有机发光器件，是通过载流子的注入和复合而致发光的现象，发光强度与注入的电流成正比。OLED在电场的作用下，阳极产生的空穴和阴极产生的电子就会发生移动，分别向空穴传输层和电子传输层注入，迁移到发光层。当二者在发光层相遇时，产生能量激子，从而激发发光分子最终产生可见光。OLED按照驱动方式不同分为被动式（PMOLED）和主动式（AMOLED），当前AMOLED是主流技术。

图表：显示技术的迭代发展



资料来源：瑞联新材招股说明书，民生证券研究院

图表：OLED属于自发光显示



资料来源：瑞联新材招股说明书，民生证券研究院

2.1 OLED产业将开启新一轮景气周期

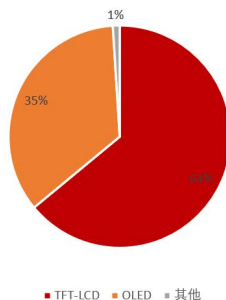
- 消费电子需求有望改善+面板价格走出下行周期。在Mate60等高端机型的需求刺激下，刚性及柔性AMOLED面板价格降幅收敛后趋稳，甚至有上升趋势。根据集微网信息，OLED价格已经有上涨趋势，集微网引用供应链人士消息，在柔性LTPO OLED供应紧张状态下，华为愿意加价获得更多的柔性LTPO OLED产能，这波国内柔性OLED涨价潮顺势而起。目前，国内柔性OLED面板涨价还处于试探阶段，具体涨价情况还要根据项目和市场行情而定，不过普遍涨幅都在10%以内。
- OLED市场规模不断扩大同时渗透率不断提升将导致OLED产业开启新一轮的景气周期。根据中商产业研究院数据，2022年我国OLED市场规模约为393亿美元，同比增长6.2%，占平板显示市场规模的35%左右。未来，随着折叠屏手机的高增长及中大尺寸OLED渗透率持续提升，OLED产业将迎来新一轮景气周期。预计2023年我国OLED市场规模将达426亿美元，整体渗透率也将更进一步。国际数据公司（IDC）手机季度跟踪报告显示，2023年第二季度，中国折叠屏手机市场出货量约126万台，同比增长173.0%；上半年出货227万台，同比增长102.0%。根据Omdia，预计手提电脑OLED显示器渗透率将从21年的1.4% 成长至28年的14%。

图表：中国折叠屏手机出货量及增长率



资料来源：IDC，民生证券研究院

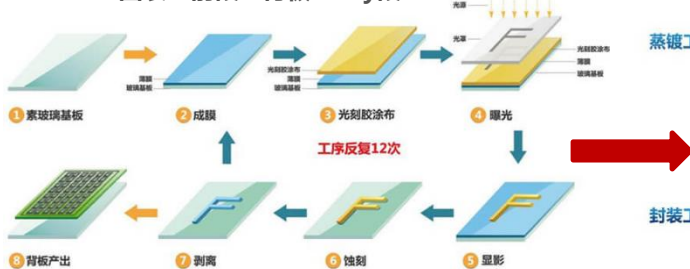
图表：2022年OLED市场渗透率达35%



资料来源：Omdia，民生证券研究院

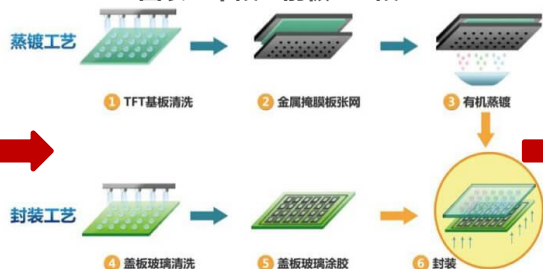
2.1 OLED产业链上游设备：三阶段制程价值量占比14：5：1

图表：前段：背板Array段



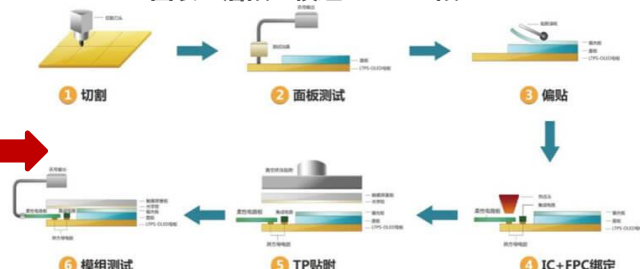
资料来源：和辉光电官网，民生证券研究院

图表：中段：前板Cell段



资料来源：和辉光电官网，民生证券研究院

图表：后段：模组Module段



资料来源：和辉光电官网，民生证券研究院

- OLED生产的第一阶段为驱动背板。**背板段工艺通过成膜、曝光、蚀刻叠加不同图形材质的膜层以成LTPS驱动电路，其为发光器件提供点亮信号以及稳定的电源输入。由于驱动背板上集成了多种形状复杂的膜层，Array段工艺技术难点在于微米级的工艺精细度及对电性指标的极高均一度要求。
- 前板段主要设备为蒸镀设备、封装设备等。**工艺是通过高精度金属掩模板（FMM）将有机发光材料以及阴极等材料蒸镀在背板上，与驱动电路结合形成发光器件，再在无氧环境中进行封装以起到保护作用。蒸镀的对位精度与封装的气密性都是前板段工艺的挑战所在。
- 模组段工艺将封装完毕的面板切割成实际产品大小，之后再进行偏光片贴附、控制线路与芯片贴合等各项工艺，并进行老化测试以及产品包装，最终呈现为客户手中的产品。**模组段技术壁垒相对较低，绑定和贴合为模组段制程中的核心设备。**
- 检测贯穿OLED制造Array、Cell、Module全部制程，是各制程生产中的必要环节。**其中前端Array环节对设备精度要求最高，Cell、Module环节技术难度逐渐降低。OLED检测设备主要包括AOI光学检测设备、信号检测设备、老化检测设备，其中AOI检测设备覆盖三大制程。

2.1 OLED产业链上游设备：相关企业

图表：OLED产业链上游设备相关企业

制程	价值量占比	对应工艺	相关企业
Array段	14	镀膜、光刻、曝光、显影、蚀刻等	海外企业为主
Cell段	5	蒸镀、封装等	奥来德：G6代蒸发源+小型蒸镀机，钙钛矿蒸镀机（样机）硅基OLED蒸镀机/G8.7代蒸发源（研发）
Module段	1	贴合、绑定	联得装备：绑定设备、贴合设备、贴膜/覆膜设备、偏贴设备等 劲拓股份：D-Lami贴合设备 智云股份：绑定机、点胶机、3D贴合机、折弯机等 易天股份：偏光片贴合设备 正业科技：全自动绑定机、全自动全贴合机、B自动组装机、3D贴膜机等 亚世光电：硅基OLED模组生产
检测段		AOI光学检测设备、信号检测设备、老化检测设备等	精测电子：Module制程检测领域龙头企业，已向Array制程和Cell制程延伸 华兴源创：Cell/Module制程检测龙头，硅基OLED检测设备 联得装备：AOI检测设备 瑞视微智能：全自动OLED画面缺陷检测设备

备注：检测设备在前三制程均有分布，合并计算，三阶段价值量占比大致为14：5：1

资料来源：和辉光电、奥来德、华兴源创、新型显示，AIOT大数据、民生证券研究院

2.1

奥来德：材料不断创新并逐步覆盖国内主流面板厂商

- 2023H1，公司在OLED发光材料方面共进行了400余个材料结构的设计开发工作，完成近250个产品的合成工作，并向下游厂家推荐材料近100支进行测试验证。

图表：奥来德有机发光材料进展情况

	品类	详情
1	R-prime材料	导入华星、天马、和辉光电量产线,已实现稳定量产供货。
2	G-prime材料	导入维信诺、和辉光电量产线，多在G6产线量产使用，已实现稳定量产供货。
3	B-prime材料	导入下游面板厂商稳定供货。
4	电子传输层材料	导入下游面板厂商稳定供货。
5	薄膜封装材料	已经在多家面板厂商实现了量产供货
6	显示用PSPI材料	正在头部面板企业进行测试。
7	新一代主体材料	开发进展符合预期，在发光效率、寿命等方面都有较大提升，下一步将进行测试。

资料来源：奥来德公告，民生证券研究院

2.1 奥来德：材料领域多项目布局

- 已经布局电子功能材料、空穴功能材料、掺杂材料等，多项目正在研发：
- 国内掺杂材料大多受国外厂商的专利限制，公司基于多年的研发积累，搭建自主技术开发体系，获得了一系列专利授权。目前已与下游客户在进行沟通测试。

图表：奥来德有机发光材料在研项目情况

项目名称	进展情况	拟达到目标	技术水平	应用前景
RGB prime材料的设计与开发	进行中	针对国内产线特点，实现相关材料的国产化替代。	产品性能达到国内领先或国际先进水平，部分产品正在下游客户进行测试导入。	RGB prime材料需求量较大，15K产线每年用量约400 kg，经济效益前景可观。
高性能蓝光掺杂材料的开发	进行中	通过创新结构设计，开发优化蓝光掺杂材料合成工艺，实现高效率、高色纯度、低电压的蓝光掺杂材料的批量制备。	达到或者优于国外同型材料的性能水平。	应用于中小尺寸手机、大尺寸显示、IT或车载叠层OLED面板的蓝光发光层。
高稳定性空穴功能材料的设计、合成及批量制备技术开发	进行中	优化空穴功能材料空间构型，开发高稳定性空穴功能材料设计技术，解决高迁移率下稳定性降低的问题，形成高稳定性空穴功能材料批量生产能力。	开发的产品性能指标等同于或高于线上同型产品，达到国际先进水平。	用于OLED显示面板的空穴层，随着OLED行业的快速发展和对材料的国产化需求增加，具有广阔的市场前景。
高效率电子功能材料的设计、合成及批量制备技术开发	进行中	突破高迁移率、高稳定性的电子功能材料的关键制备技术，解决器件中电子-空穴传输平衡问题和在放大合成中材料纯度、收率和性能降低问题，形成高效率电子功能材料批量生产能力。	开发的产品性能指标等同于或高于线上同型产品，达到国际先进水平。	用于OLED显示面板的空穴层，随着OLED行业的快速发展和对材料的国产化需求增加，具有广阔的市场前景。
高效、长寿磷光掺杂材料的工艺开发	进行中	通过对材料合成过程中的反应条件变化，考察对产品收率、性能的影响，优化材料的合成工艺路线。用柱层析、重结晶等方法进行化学提纯，使用升华方法进行物理提纯。	材料性能达到或超过面板企业最新体系材料。	解决现有材料效率低、寿命短问题。

资料来源：奥来德公告，民生证券研究院

2.1 奥来德：设备领域持续推进

- **蒸发源**：公司具有丰富的6代线蒸发源生产经验，积累的多项专利技术均可应用在高世代线性蒸发源的开发中，已于2020年布局研发高世代线蒸发源。目前公司8.5代线性蒸发源已经完成了技术开发和性能模拟，**正在样机制作中**。
- **蒸镀机**：目前公司已经实现小尺寸蒸镀机的出货，并与硅基OLED客户进行产品沟通。
- **钙钛矿**上游领域布局新项目，进一步丰富公司的产品结构

图表：奥来德在钙钛矿上游领域布局项目情况

项目名称	钙钛矿结构型太阳能电池蒸镀设备的开发项目	低成本有机钙钛矿载流子传输材料和长寿命器件开发项目
建设周期	20个月	20个月
投资资金	2900万	2000万
项目概况	开发一种用于钙钛矿太阳能电池工艺的薄膜的制备方法和设备，打破进口依赖，实现国产化替代。	开发新型空穴功能材料，突破高迁移率、高稳定性空穴传输材料的关键制备技术，在性能上实现新的突破。
项目可行性	产业政策及相关标准的出台为项目实施提供良好支撑；上海升翕专注于蒸发源及小型蒸镀机的技术研发，积累了多项先进的核心技术，为项目顺利推进提供了有利的保障。	公司具有丰富的空穴型载流子开发经验，可在自有技术基础上设计材料；公司优秀的人才队伍为新项目的实施提供了强有力的保障。

资料来源：奥来德公告，民生证券研究院

2.1

奥来德：24年主要增量在于材料业务，同比50%+

- 投资建议：**预计公司2023-2025年实现收入5.29、7.62、11.19亿元，同比增长15.2%、44.2%、46.8%；归母净利润1.30、2.19、3.55亿元，同比增长14.7%、69.0%、61.8%，对应23年12月14日收盘价PE分别为53、32、20倍，维持“推荐”评级。
- 盈利预测：**材料业务：预计2023-2025年材料业务营收3.20、5.11、7.92亿元，同时由于高毛利的新材料持续导入，导致材料业务中新材料结构占比逐步提升，材料业务整体毛利率将逐步提升，预计2023-2025年毛利率分别为50%、60%、65%。
- 盈利预测：**设备业务：预计2023-2025年设备业务营收2.09、2.51、3.26亿元，由于蒸发源设备技术壁垒较高，竞争格局良好，我们预计毛利率将保持不变，维持在较高水平，预计2023-2025年毛利率分别为68%、68%、68%。

- 风险提示：**技术升级迭代及技术研发无法有效满足市场需求的风险、客户集中风险、OLED行业波动及市场竞争加剧的风险

图表：奥来德收入拆分及业绩预测

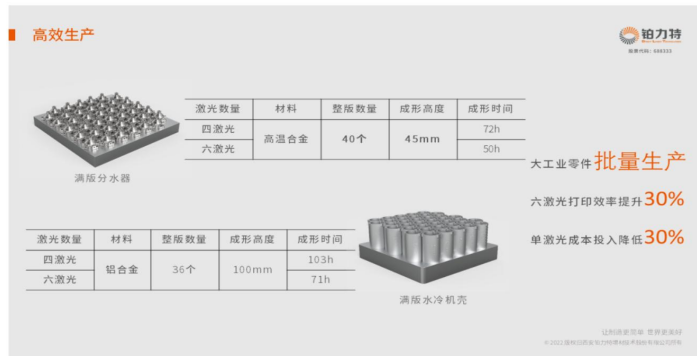
		2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
材料业务	营收 (亿元)	1.44	2.13	3.20	5.11	7.92
	YOY	52.82%	48.12%	50%	60%	55%
	毛利 (亿元)	0.43	0.79	1.60	3.07	5.15
	毛利率	30.28%	37.02%	50%	60%	65%
设备业务	营收 (亿元)	2.62	2.46	2.09	2.51	3.26
	YOY	39.04%	-6.32%	-15%	20%	30%
	毛利 (亿元)	1.82	1.71	1.42	1.71	2.22
	毛利率	69.24%	69.75%	68%	68%	68%
总计	营收 (亿元)	4.06	4.59	5.29	7.62	11.19
	YOY	43.17%	13.03%	15.16%	44.18%	46.77%
	毛利率	55.46%	54.60%	57.12%	62.63%	65.87%

资料来源：ifind，民生证券研究院预测（注：截至23年12月14日收盘价）

2.1 3D打印在钛合金加工方面具备优势，技术迭代有望降本

- 钛合金材料存在加工难度大、良率低等问题，从而采用传统加工方式会使得制造成本过高、材料损耗大。而通过3D打印技术，尤其是金属粉末激光熔化技术，能够有效地解决钛合金材料成型的问题，降低生产成本。
- 技术进步提升加工效率，铂力特BLT-A450设备六激光比市面四激光效率提升约30%，理论沉积速度由S210的最高15cm³/h提升至S1000的最高300cm³/h，效率提升20倍。据远铸智能生产500件FUNMAT PRO 410喷头罩壳为例，采用传统注塑开模方式生产单个喷头罩壳的成本要比3D打印工艺高出55%。而随着材料价格下降和3D打印设备效率和精度提升，有望进入大规模量产阶段。

图表：铂力特BLT-A450设备六激光比市面四激光效率提升约30%



资料来源：铂力特，民生证券研究院

图表：3D打印生产小批量零部件相比传统工艺更具成本、效率优势（以生产GoPro相机复合弓支架StaBowMount为例）

	传统注塑工艺	3D打印
制造模具所需的时间（周）	12	0
生产1000个零件订单所需的时间（天）	3	12
交付第一批1000个零件的总交货时间（天）	87	12

	传统注塑工艺	3D打印
模具成本	\$35,000	\$0
单个零件生产成本	\$4	\$12.72
允许的最小订单量（个）	1000	187
预计年销量（个）		1000
模具摊销年限（年）		4
4年内，生产的零件总量（个）	4000	4000
4年内，单个零件生产成本	\$13	\$12.72

资料来源：forerunner3d，民生证券研究所

2.1 3D打印手表表壳部件成本计算

- **我们对苹果手表表壳采用3D打印工艺的成本测算基本假设如下：**
- 按目前苹果手表的钛金属与不锈钢表壳的质量与两种材料各自的密度估算（钛4.5g/cm³，不锈钢7.9g/cm³），每块手表3D打印使用的钛粉约为10g。此外，选取41mm尺寸的表型作为参考，每块表壳的体积为41*35*10.7=15.4cm³，其中使用3D打印的体积约占25%，即4cm³。
- **设备单台机时：**根据铂力特，每年金属3D打印设备运行时长分别为超大尺寸设备5,400小时、大尺寸设备4,860小时以及其他设备4,050小时。考虑到消费电子用设备主要为小型设备，参考其他设备打印机时，每年运行4050小时/单个机台。
- **设备打印效率：**参考铂力特AL-T450六激光器设备打印满板分水器，整版40个，成形高度45mm，成形时间选用6激光器设备，大约成形时间需要50小时，考虑到手表表壳成形高度约10.7-14.4mm，取平均值12.55mm，折算大约50小时可打印约140个，每小时可以打印约2.8个。
- **设备折旧费用：**10年折旧，3D打印设备售价假设为200万元，1年按照4000小时计算，生产11.2万个，单个表壳折旧成本约为18元。
- **材料费用：**根据铂力特公告，3D打印材料售价大约在600元/KG（铂力特披露为61.95万元/吨），手表表壳对应于材料端的需求大约为10g，假设过程中存在一定的材料损耗，大约15%，因此测算单个表壳的打印粉末成本大约为6元。3D打印加工过程中需要消耗稀有气体，氩气成本较高，管束高纯氩气市场价格约80元/立方米，根据华曙高科FS721M技术参数，大约每分钟消耗气体约6-8L/min，因此每个表壳加工时长对应的气体成本约为10元。
- **因此，3D打印环节的材料及设备折旧费用合计约36.8元/个**

2.1

钛合金3D打印——手表表壳市场需求测算

- **钛合金3D打印——手表表壳市场需求测算假设：**
- **智能手表市场增速：**根据IDC预测，2022-2027年全球智能手表复合增长率约为6.8%。综合考虑，随着国内品牌陆续推出新型智能手表，国内智能手表增速参照全球规模复合增速进行估算。
- **钛合金渗透率：**根据中科蓝讯投资者关系活动记录，2023年Q3全球智能手表总出货量4958万只，其中31.6%定价在300美元以上，考虑到钛合金表壳当前主要运用于高端机型，预计后续渗透率有望提升至30%以上。
- **单台设备产能：**参照前文计算单个设备每小时能够生产2.8个手表表壳，1台设备1年运行4050小时（考虑更换基板及清理也需要时间），对应单台设备生产手表表壳产能约为1.1万个/年。
- **单台设备价值量：**参照华曙高科招股说明书，公司3D打印平均单价在156.08-203.83万元，考虑到3C领域采用的主要是中小幅面的打印机型，预计批量采购情形下单价在150万元。
- **3D打印技术渗透率：**目前复杂表壳生产工艺有MIM、3D打印等多种技术路线，考虑到钛合金加工难，新技术应用有望随着市场化成本逐步下降，3D打印的优势有望进一步凸显，显著提升渗透率。

2.1 钛合金3D打印手表表壳市场需求测算

- 中国智能手表销量：根据Counterpoint Research的统计，2021年中国智能手表出货量达到2956万只，较2020年增长21.4%。2022年中国智能手表出货量下降9.3%，约在3600万只左右。2022年，中国智能手表市场中，华为和苹果的出货量占比合计达到47%。
- 假设中国智能手表中钛合金运用逐步普及，更多厂商采用3D打印工艺进行钛合金手表表壳的生产，预计3D打印钛合金在中国智能手表的渗透率从2024年的50%提升到2028年的85%，3D打印表壳的零部件市场空间有望从2024年预计的9.6亿元提升至2028年的29.2亿元；对应3D打印设备需求有望从2024年的117台增长至2028年的707台，设备市场空间从2024年的2亿元增长至2028年的11亿元。

图表：中国智能手表采用3D打印领域设备需求测算

	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E
中国智能手表销量（万只）	4000	4272.0	4562.5	4872.7	5204.1	5558.0
同比增速		6.8%	6.8%	6.8%	6.8%	6.8%
单品价格（元/个）-表壳	150	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0
钛合金材料在智能手表表壳的渗透率	5%	15%	20%	25%	30%	35%
中国钛合金表壳市场空间（万个）	200	640.8	912.5	1218.2	1561.2	1945.3
中国钛合金表壳市场空间（亿元）	3.00	9.61	13.69	18.27	23.42	29.18
3D打印在中国钛合金手表中的渗透率		20.0%	25.0%	30.0%	35.0%	40.0%
单台设备运行小时	4050	4050.0	4050.0	4050.0	4050.0	4050.0
单台设备产能（万块/台/年）	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
设备单台价值量（万元/台）		150.0	150.0	150.0	150.0	150.0
设备需求（台）-中国		117	207	332	497	707
设备市场空间（亿元）-中国		2	3	5	7	11

资料来源：铂力特官网、艾邦高分子、铂力特年报，民生证券研究院测算

2.1

钛合金3D打印手表表壳市场需求测算

- 假设3D打印工艺在钛合金加工中的渗透率逐步提升，预计3D打印钛合金技术路线在全球智能手表的渗透率从2024年的20%提升到2028年的40%，3D打印工艺表壳市场空间有望从2024年预计的50.3亿元提升至2028年的130.9亿元；对应3D打印设备需求有望从2024年的591台增长至2028年的3078台，设备市场空间从2024年的7.8亿元增长至2028年的40.7亿元。

图表：全球智能手表采用3D打印领域设备需求测算

	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E
全球智能手表销量（亿块）	1.57	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2
同比增速	5.40%	6.8%	6.8%	6.8%	6.8%	6.8%
单品价格（元/个）-表壳	150	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0
钛合金材料在智能手表表壳的渗透率	15%	20%	25%	30%	35%	40%
全球钛合金表壳（万个）	2355	3353.5	4476.9	5737.7	7149.1	8726.0
3D打印在全球钛合金手表中的渗透率		20.0%	25.0%	30.0%	35.0%	40.0%
全球钛合金表壳市场空间（百万元）		50.3	67.2	86.1	107.2	130.9
单台设备运行小时		4050	4050	4050	4050	4050
单台设备产能（万块/台/年）		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
设备单台价值量（万元/台）		150	150	150	150	150
设备需求（台）-全球		591	987	1518	2207	3078
设备市场空间（亿元）-全球		7.8	13.1	20.1	29.2	40.7

资料来源：铂力特官网、艾邦高分子、铂力特年报，民生证券研究院测算

2.1 钛合金3D打印折叠屏铰链轴盖市场空间测算——基本假设

- 钛合金材料的渗透率：Canalys发布的2023年第三季度中国市场出货量份额排名，荣耀以18%的市场份额占据榜首，另据Counterpoint消息，荣耀Magic V2斩获折叠屏市场销量第一。考虑到折叠屏市场的高景气度以及后续华为等厂商新机型推出的催化我们预计中国今年折叠屏手机出货量将接近 600 万台，同比增长在 80%左右。根据三季度市占率情况，我们预计折叠屏智能手机行业龙头的市占率一般维持在 20%，预计随着更多厂家推出折叠屏手机新款，未来钛合金轴盖折叠屏的占比在30%左右，并假设后续几年将逐步提升，而3D打印在折叠屏铰链轴盖的渗透率将保持在90%左右。
- 中国是全球最大的折叠屏智能手机市场，据 Counterpoint 数据，2022 年中国折叠屏出货量占到了全球折叠屏出货量的 26%，今年预计将进一步增长，假设2023年采用钛合金轴盖的折叠屏手机在全球折叠屏手机的市占率大概在20%左右，预计之后将保持稳定增长，但速度低于中国增速。
- 假设钛合金轴盖在折叠屏手机内的渗透率从2023年的18%提升至2027年的70%，3D打印在钛合金轴盖领域的渗透率约90%，随着折叠屏手机销量提升，对应全球3D打印钛合金轴盖零部件的市场空间将从6.6亿元提升至50亿元，全球设备需求空间有望从1.56亿元增长至15.63亿元。中国3D打印钛合金铰链轴盖设备市场需求有望从2023年的0.45亿元增长至2027年的5.87亿元。

2.1

钛合金3D打印折叠屏铰链轴盖市场空间测算

图表：折叠屏铰链轴盖市场空间测算

	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E
中国折叠屏手机销量（万台）	594	950	1331	1730	1989	2288
同比增速	80%	60%	40%	30%	15%	15%
单品价格（元/个）-铰链轴盖	200	150	150	150	150	150
中国钛合金轴盖折叠屏手机渗透率	18%	30%	50%	60%	70%	70%
中国钛合金折叠屏手机销量（万台）	96.2	257	599	934	1253	1441
中国钛合金轴盖市场空间（亿元）	1.9	3.8	9.0	14.0	18.8	21.6
3D打印在钛合金轴盖渗透率	90%	90%	90%	90%	90%	90%
全球折叠屏手机销量（万台）	1846.0	2584.4	3669.8	4991.0	6737.8	9096.1
同比增速	30%	40%	42%	36%	35%	35%
全球钛合金轴盖渗透率	20%	35%	40%	45%	55%	60%
全球钛合金折叠屏手机销量（万台）	332.3	814.1	1321.1	2021.4	3335.2	4911.9
全球钛合金轴盖市场空间（亿元）	6.6	12.2	19.8	30.3	50.0	73.7
3D打印设备效率（个/小时）-轴盖	16	16	16	16	16	16
3D打印设备运行机时（小时/年）	4000	4000	4000	4000	4000	4000
单台设备年产量（个/年）	64000	64000	64000	64000	64000	64000
3D打印设备需求（台）-中国	30.1	80.2	187.1	291.9	391.6	450.4
3D打印设备需求（台）-全球	104	254	413	632	1042	1535
单台设备价值（万元/台）	150	150	150	150	150	151
3D打印设备需求（亿元）-中国	0.45	1.20	2.81	4.38	5.87	6.80
3D打印设备需求（亿元）-全球	1.56	3.82	6.19	9.48	15.63	23.18

资料来源：铂力特公众号、Canalys、Counterpoint、民生证券研究院测算

2.1 3D打印设备核心公司

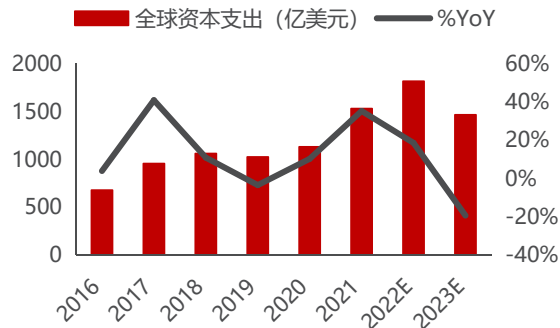
- **华曙高科：3D打印设备龙头，存量设备市占率较高**
- **公司是国内金属3D打印+高分子3D打印行业龙头，布局高分子3D打印原材料及设备。**根据2021年年报，公司3D打印设备及辅机配件87.35%（毛利率56.37%）、3D打印粉末材料7.99%（毛利率48.75%）、售后服务及其他4.10%（毛利率78.42%）、其他0.55%（毛利率85.14%）。目前截至2023年9月30日，公司3D打印设备全球销量已经超过950台，居行业前列，单一客户装机量超过10台的产业化客户数量近10家。其中，金属3D打印设备全球装机量超过330台，中大型金属设备（400mm以上大尺寸）用户装机量超过90台，单一客户金属设备装机量超过30台。
- **铂力特：金属3D打印设备龙头，金属打印材料+设备+服务综合平台**
- 公司是国内工业级金属3D打印行业龙头，从材料、设备到打印服务全产业链布局。公司3D打印率先运用于航空航天领域，充分受益于军用飞机、民用飞机和发动机对于3D打印需求的增长。铂力特2023年三季报，1~3Q23实现营收7.4亿元，同比+42.5%；归母净利润0.38亿元，同比+273.9%；扣非归母净利润0.14亿元，同比+128.1%。公司营收快速增长主要是持续开拓新的市场和应用领域，3D打印定制化产品和自研3D打印设备均实现增长所致。公司产品BLT-S1000的成形尺寸达1200mm×600mm×1500mm，可实现16激光同步扫描，有效提升成形效率。增材制造装备部分核心关键参数达到国际先进水平。
- 增材制造专用粉末原材料方面，已完成10条增材制造专用高品质金属粉末生产线建设，设备实现正常运行，已经成功开发的高品质钛合金球形粉末及高温合金粉末材料包括TA1、TA1ELI、TA15、TC4、TC4ELI、TA18、TC11、TC18、TC21、Ti65、γ-TiAl、GH5188、GH3536、GH3230、GH4169、GH4099等。生产粉末制备工艺成熟稳定，其中，粉末球形度、空心粉率、杂质含量、特殊元素含量均达到行业先进水平。

2.2 半导体设备

2.2 半导体：全球半导体资本支出疲软，国内晶圆厂逆势扩张

- 受消费电子需求较弱影响，全球半导体市场增速放缓，IC Insights预计2023年全球半导体资本支出约1466亿美元，同比下降19%。然而，国内晶圆厂逆势扩张。集微咨询预计中国大陆未来5年（2022年-2026年）还将新增25座 12英寸晶圆厂，总规划月产能将超过160万片。截至2026年底，中国大陆12英寸晶圆厂的总月产能将超过276.3万片。

图表：全球半导体资本支出



资料来源：IC Insights，民生证券研究院

图表：国内主要晶圆厂产能（万片）

大陆晶圆厂	尺寸	产线	现有产能	总规划产能	21总产能	22新增	23新增	24新增	25新增
中芯国际	12寸	中芯北方	7	10	7	3	0	0	0
	12寸	中芯北京	6.5	6.5	6.5	0	0	0	0
	12寸	中芯京城	0	10	0	2	3	3	2
	12寸	中芯东方	0	10	0	0	1	3	4
	12寸	中芯深圳	0	4	0	1	2	1	0
	12寸	中芯南方	1.5	1.5	1.5	0	0	0	0
	8寸	中芯上海	11.5	13.5	11.5	0	0	2	0
	8寸	中芯深圳	7	7	7	0	0	0	0
	8寸	中芯天津	11.5	18	11.5	3.5	0	0	0
	8寸	中芯绍兴	7.5	16	7.5	2.5	3	3	0
长江存储	8寸	中芯宁波	1.5	8	1.5	2	2	2	0
	12寸	长存一期	10	10	10	0	0	0	0
	12寸	长存三期	0	10	0	0	0	5	5
	12寸	长存二期	0	10	0	5	5	0	0
合肥长鑫	12寸	长鑫一期	6	10	6	3	0	1	0
	12寸	长鑫二期	0	10	0	0	2	4	4
合肥晶合集成	12寸	长鑫北京	3	10	3	0	3	4	0
	12寸	晶合一期	12	12	12	0	0	0	0
华虹半导体	12寸	晶合二期	0	25	0	0	2.5	5	6
	12寸	ICRD	1	4	1	1	1	1	
	12寸	华虹无锡	6.5	9.5	6.5	3	0	0	0
其他厂商	8寸	上海fab1-3	17.8	18	18	0	0	0	0
	12寸					12	12	8	5
	8寸					12	10	5	3

约当8寸

87.5

85.875

90.75

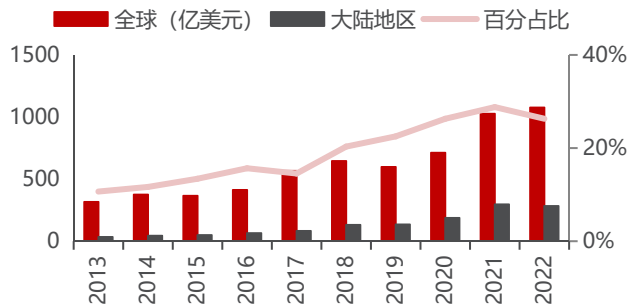
61.5

资料来源：SEMI，民生证券研究院（注：约当8寸是指按8寸半导体计算产能）

2.2 半导体：先进制程成为竞争制高点，推动晶圆制造设备开支显著提升

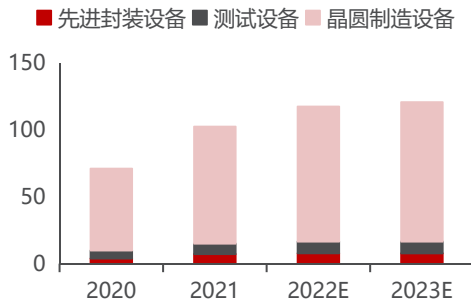
- **半导体设备销售额创造新高，国内市场占比位居第一。**数字经济推动半导体芯片技术持续迭代，并逐步向精密化、微小化发展，高端半导体设备的重要地位日益凸显。根据SEMI报告，预计2022年全球半导体制造设备的销售额创新高，达1076亿美元，其中，中国大陆地区市场规模位居全球第一，达到283亿美元。
- **线宽微缩和 3D 堆叠等先进制程工艺显著拉动晶圆制造设备投资。**应用材料公司材料显示，先进制程的推进显著提高晶圆制造设备的投资额。3D NAND领域，堆叠化工艺每万片晶圆产能投资额较平面工艺同比增长了近 60%。DRAM 领域，14nm-16nm 工艺较 25nm 工艺的每万片晶圆产能投资额同比增长了近 40%；逻辑代工领域更为显著，7nm 工艺较 28nm 工艺的每万片晶圆产能投资额同比增长了近一倍，且 7nm 工艺的逻辑代工每万片晶圆产能投资额接近存储的 3 倍。

图表：大陆半导体设备市场在全球占比持续提升



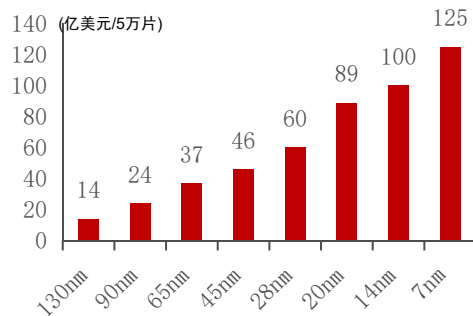
资料来源：SEMI，民生证券研究院

图表：半导体设备市场细分领域规模（十亿美元）



资料来源：SEMI，民生证券研究院

图表：不同制程对应代工厂投资额（亿美元）

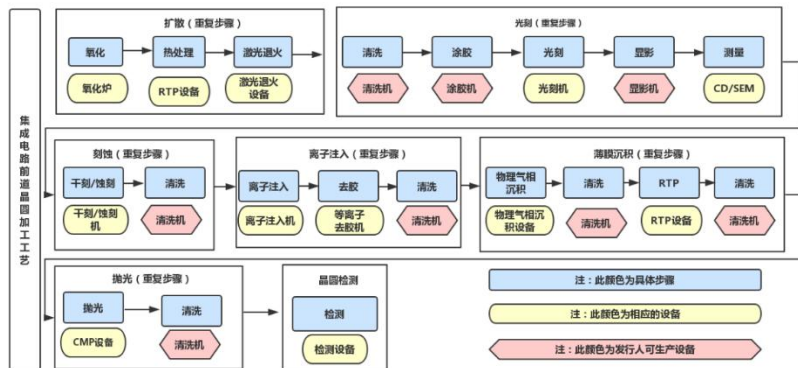


资料来源：SEMI，民生证券研究院

2.2 半导体：制造过程中涉及的设备类型多样

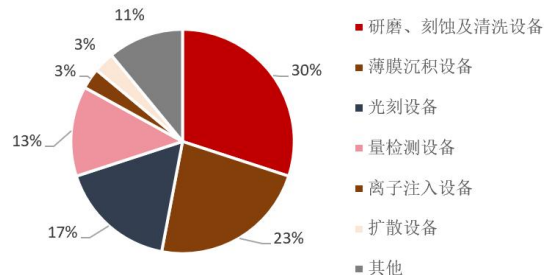
- 半导体设备分为前道制造设备以及后道封测设备。前道晶圆制造设备占整个设备市场规模的 80%以上。晶圆制造及加工是芯片制造的核心工艺，加工过程繁琐，所需的设备与材料品类复杂，具有极高的技术壁垒且需要极大的资本投入。随着国内技术突破，目前关键设备国产化率不断提升，但是在先进制程领域，依然存在替代压力。后道封测行业技术附加值小于设计及代工，与二者之间存在强绑定关系，企业议价能力及利润率相较于代工厂水平较低。目前封测环节基本可实现国产替代，但上游封测设备依然部分依赖于进口。

图表：晶圆前道制造流程及设备



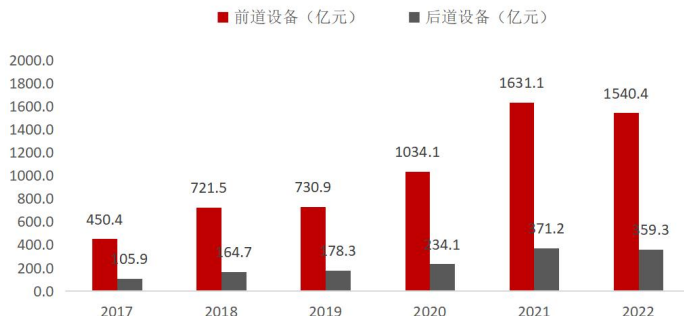
资料来源：芯源微招股书，民生证券研究院

图表：2022年半导体前道设备不同类别营收占比



资料来源：Gartner，集微咨询，民生证券研究院

图表：2017-2022年中国大陆半导体前后道设备市场规模对比图



资料来源：Gartner，集微咨询，民生证券研究院

2.2

半导体：零部件种类多样，国产替代次第进行

图表：半导体设备主要零部件

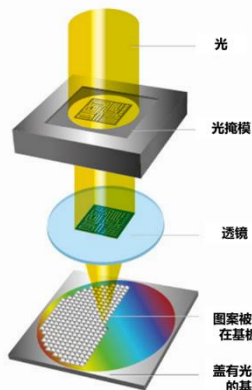
分类	占设备成本的比例	零部件具体类别	所应用的主要设备	在设备中发挥的主要作用	国际主要企业	国内主要企业	国产化率	技术突破难度
机械类	20%-40%	金属工艺件：反应腔、传输腔、过渡腔、内衬、匀气盘等金属结构件；托盘、冷却板、底座、铸钢平台等非金属机械件：石英、陶瓷件、硅部件、静电卡盘、橡胶密封件等	应用于所有设备	设备中起到构建整体框架、基础结构、晶圆反应环境和实现零部件特殊功能的作用，保证反应良率，延长设备使用寿命	金属类：京鼎精密、Ferrotec等；非金属材料：Ferrotec、Hana、台湾新鹤、美国杜邦等	金属类：富创精密、靖江先锋、托伦斯、江丰电子（少量产品）等；非金属材料：菲利华（石英零部件）、神工股份（硅部件）等	品类繁多，整体国产化率相对较高，但高端产品国产化率较低	主要产品技术已实现突破和国产替代，应用于高制程设备的产品技术突破难度仍较高
电气类	10%-20%	射频电源、射频匹配器、远程等离子源、供电系统、工控电脑等	应用于所有设备	在设备中起到控制电力、信号、工艺反应制程的作用	Advanced Energy、MKS等	英杰电气、北方华创（旗下的北广科技）等	核心模块（射频电源等），国内企业尚未进入国际半导体设备厂商，国产化率低，高端产品尚未国产化	设备中作为控制工艺制程的核心部件，技术突破难度较高
机电一体类	10%-25%	EFEM、机械手、加热带、腔体模组、阀体模组、双工机台、浸液系统、温控系统等	应用于所有设备，其中双工机台和浸液系统仅用于光刻设备	在设备中起到实现晶圆装载、传输、运动控制、温度控制的作用，部分产品包含机械类产品	京鼎精密、Brooks Automation、Rorze、ASML（自产双工机台和浸液系统）等	富创精密、华卓精科（双工机台）、新松机器人（机械手）、京仪自动化（温控系统）等	品类较为繁多，大多品类国内厂商主要供应国内半导体设备厂商，整体国产化率不高，功能复杂的高端产品未国产化	部分产品已实现技术突破，但产品稳定性和一致性与国外有差距，技术难度适中
气体/液体/真空系统类	10%-30%	气体输送系统类：气柜、气体管路、管路焊接件等 真空系统类：干泵、分子泵、真空阀门等 气动液压系统类：阀门、接头、过滤器、液体管路等	薄膜沉积设备、刻蚀设备和离子注入设备 薄膜沉积设备、刻蚀设备、离子注入设备 化学机械抛光设备、清洗设备	在设备中起到传输和控制特种气体、液体和保持真空的作用	超科林、Edwards、Ebara、MKS等	富创精密、万业企业、新莱应材、沈阳科仪、北京中科仪	品类较为繁多，少数企业通过自研或收购部分产品已进入国际半导体设备厂商，整体国产化率处于中等水平，大部分品类的高端产品未国产化	品类繁多，部分产品已实现技术突破，但产品稳定性和一致性与国外有差距，技术难度适中
仪器仪表类	1%-3%	气体流量计、真空压力计等	应用于所有设备	在设备中起到控制和监控流量、压力、真空度、温度等数值的作用	MKS、Horiba等	北方华创（旗下的七星流量计）、万业企业（收购的Compart System）等	由于产品成本占比较低，国内企业主要以采购进口产品为主，国产化率低，高端产品尚未国产化	对测量的精准度要求极高，国产化率低，技术突破难度较高
光学类	55%	光学元件、光栅、激光源、物镜等	光刻设备、量测设备等	在光学设备中起到控制和传输光源的作用	Zeiss、Cymer、ASML	北京国望光学科技有限公司、长春国科精密光学技术有限公司等	少量应用于国内光刻设备，国产化率较低，高端产品尚未国产化	对光学性能要求极高，高端产品一家独大，国内光刻设备尚在发展，配套光学零部件国产化率低，技术突破难度较高
其他	3%-5%	定制装置、耗材等	应用于所有设备	实现设备运行的作用				

资料来源：富创精密招股书，民生证券研究院

2.2 半导体：光刻机

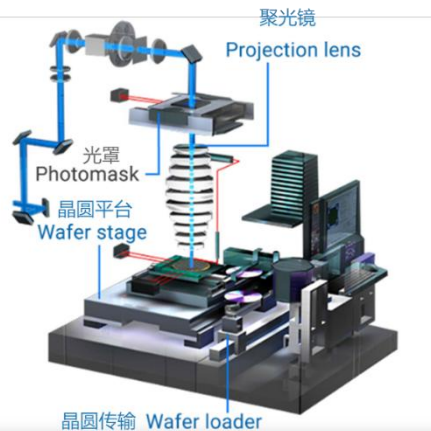
- 光刻机结构复杂，核心部件达十余种。光刻工艺的原理是光源穿过光掩模，并通过透镜使得光掩模缩小，最终使光落于覆盖有光刻胶的基板上；在此过程中，光掩模遮盖区域的光刻胶底片不会变硬，在刻蚀过程中被剥落，从而完成对底片的雕刻。由于光刻工艺的一般流程包括涂胶、曝光、显影等核心过程，分别涉及涂胶机、光刻机和显影机。光刻机主要核心零部件包括双工作台、光源系统、曝光系统、浸没系统、物镜系统、光栅系统等，配套设施包括光刻胶、掩模版、涂胶显影等。

图表：光刻机原理图



资料来源：半导体行业观察，民生证券研究院

图表：光刻机核心零部件



资料来源：Nikon，民生证券研究院

图表：光刻机主要零部件

设备及材料	功能
测量台与曝光台	承载硅片的工作台，一般光刻机只有1个工作台，需要先测量，后曝光。ASML的双工作台技术实现测量与曝光同时进行
激光源	光源，光刻机核心设备之一
光束矫正器	矫正光束射入方向，让激光束尽量平行
光束形状设置	设置光束为圆形、环形等不同形状
遮光器	不需要曝光时，阻止光束照射到硅片控制最终照射到硅片上的能量检测光束最终入射能量是否符合曝光要求刻有线路设计图的玻璃板，贵的要数十万美元
能量控制器	控制最终照射到硅片上的能量
能量探测器	检测光束最终入射能量是否符合曝光要求
掩模版	刻有线路设计图的玻璃板，贵的要数十万美元
掩膜台	承载掩模版运动的装备，运动控制精度为nm级
光刻胶	一种有机化合物，被曝光后，在显影液中的溶解度会发生变化
涂胶显影	配合光刻机完成晶圆的光刻胶涂覆、固化、显影等
光刻气体	是光刻机产生深紫外激光的光源，不同气体能产生不同波长的光源，影响光刻机的分辨率经情报网物镜
物镜	将掩模版上的电路图按比例缩小封闭框架、减震器
封闭框架、减震器	将工作台与外部环境隔离，减少外界振动干扰，维持稳定的温度、压力

资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院

2.2 半导体：光刻机

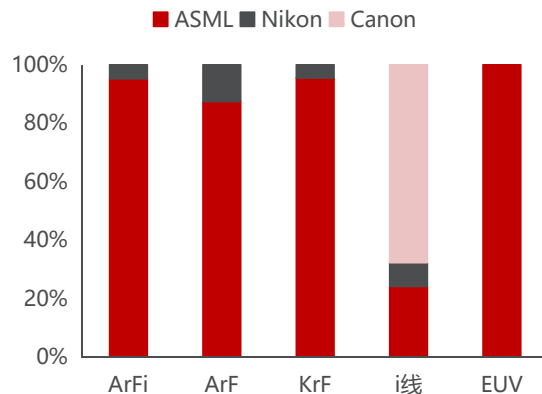
- 根据瑞利准则 $CD=k1 \cdot \lambda/NA$ ，光源波长越短、数值孔径越大，芯片临界尺寸越小。光刻机技术路线主要从两个方面进行技术突破：1) **光源波长**：光源由最初的g线发展至目前的极紫外EUV，波长由436nm缩短至13.5nm；EUV光线下芯片制程可达3nm，ASML为目前全球唯一的EUV供应商，且其正在进一步研发2nm甚至1.xnm制程的芯片；2) **数值孔径**：浸没式技术的应用大大减小了折射角度，使得投影物镜的直径得以进一步增加。
- 2022年全球光刻机市场规模232.3亿美元，三大巨头垄断市场。**2022年ASML、Canon、Nikon出货量分别为345/176/30台，市场份额63%/32%/5%。

图表：光刻机技术发展路线

技术阶段	光源		波长	对应设备	最小工艺节点	特点
第一代	UV	g线	436nm	接触式光刻机	800-250nm	易受污染，掩模版寿命短
				接近式光刻机	800-251nm	成像精度不高
第二代	UV	i线	365nm	接触式光刻机	800-252nm	易受污染，掩模版寿命短
				接近式光刻机	800-253nm	成像精度不高
第三代	DUV	KrF	248nm	扫描投影式光刻机	180-130nm	投影式光刻机大幅增加掩模版寿命
第四代	DUV	ArF	193nm	步进扫描投影式光刻机	130-65nm	最具代表性的光刻机，但仍面临45nm制程下分辨率问题
				浸没式步进扫描投影式光刻机	45-7nm	
第五代	EDU	EUV	13.5nm	极紫外光刻机	7-3nm	成本过高，技术突破困难

资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院

图表：2022年不同机型光刻机市场格局

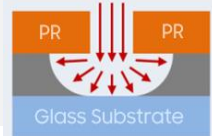
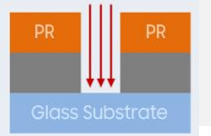


资料来源：芯源，民生证券研究院

2.2 半导体：刻蚀设备

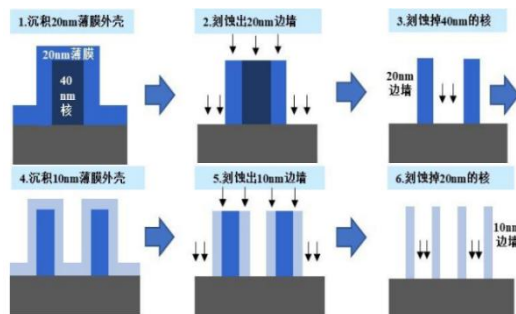
- 刻蚀是通过化学或物理的方法，在没有被光刻胶覆盖的晶圆上进行雕刻，从而呈现出多层的立体微观电路结构。随着先进芯片向FinFET晶体管架构过渡，晶体管结构复杂度提升，刻蚀次数进一步增多，对刻蚀工艺精度提出了更高的要求。刻蚀方向是评价刻蚀工艺的重要指标，在湿法刻蚀工艺下，刻蚀方向是均匀的，溶液会同时对纵向和横向进行刻蚀，导致对部分被光刻胶保护的硅片同样被腐蚀，从而影响芯片的功能。而干法刻蚀通过用阳离子和自由基轰击硅片表面实现刻蚀，并利用阳离子的各向异性更加精准地控制刻蚀方向，较湿法刻蚀精确度更高，为目前主流的刻蚀技术。
- 根据Gartner数据，2020年刻蚀设备市场规模约为136.9亿美元，预计2024年将达到181.9亿美元。泛林半导体、东京电子、应用材料为全球主要刻蚀设备供应商，2020合计市占率达90.24%。国内厂商中，中微公司、北方华创及屹唐股份技术领先。

图表：芯片临界尺寸演进路线

	湿法刻蚀	干法刻蚀
方法	化学反应	物理/化学反应
优点	成本低 速度快 工艺简单	精度高 能够应用微观图案
缺点	精度低 会同时腐蚀光刻胶覆盖部分	成本高 速度慢
刻蚀方向	各向同性 	各向异性 

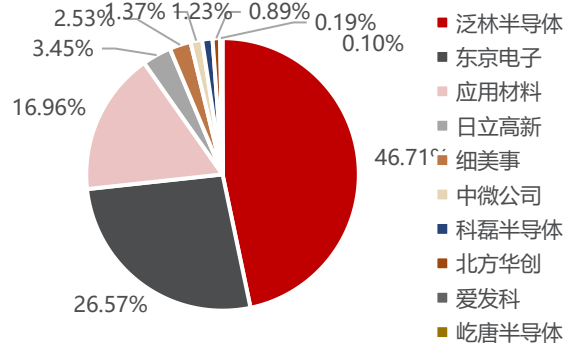
资料来源：三星，民生证券研究院

图表：先进制程需要更多次刻蚀



资料来源：中微公司公告，民生证券研究院

图表：2020年全球干法刻蚀设备市场格局

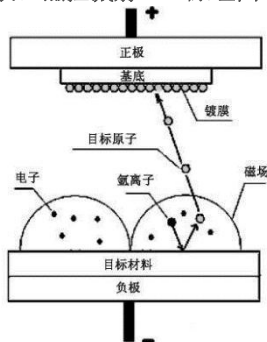


资料来源：Gartner，民生证券研究院

2.2 半导体：薄膜沉积

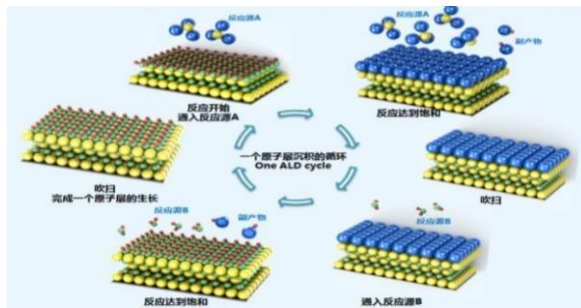
- 薄膜沉积技术是以各类适当化学反应源在外加能量的驱动下激活，并由此对衬底表面进行吸附及发生化学反应或聚结，渐渐形成几纳米至几微米不等厚度的薄膜。薄膜沉积生长设备可分为：物理气相沉积（PVD）、化学气相沉积（CVD）和外延三大类。在半导体领域，薄膜主要分给绝缘薄膜、金属薄膜。大部分绝缘薄膜使用CVD，金属薄膜常用PVD（主要是溅射）。先进制程推动薄膜沉积层数增多，从90nm CMOS工艺向3nm FinFET演进过程中薄膜沉积工序翻倍。
- 根据Maximize Market Research，2020全球薄膜沉积设备市场规模达172亿美元，预计2025年将达到340亿美元。其中，PECVD与溅射PVD为目前最主流的薄膜沉积设备，2020年分别占33%和19%；ALD设备则在28nm以下关键尺寸缩小的双曝光工艺方面具有显著优势。2020年，应用材料、泛林半导体、东京电子在沉积设备市场份额合计达到73%。拓荆科技、北方华创及中微公司沉积设备在国内领先。

图表：磁控溅射PVD原理图



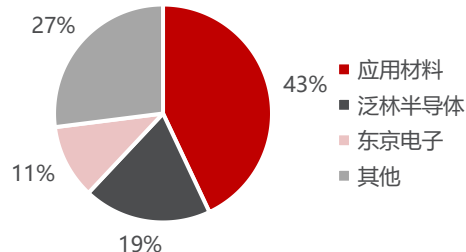
资料来源：电子工程世界，民生证券研究院

图表：原子层沉积ALD原理图



资料来源：拓荆科技公告，民生证券研究院

图表：2020年全球薄膜沉积设备市场格局



资料来源：Gartner，民生证券研究院

2.2 半导体：前道量检测设备

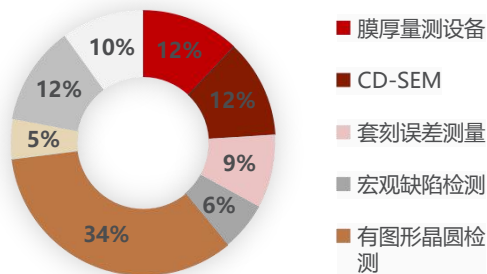
- **半导体量测、检测设备贯穿整个半导体制造过程。前道质量检测设备**主要用于晶圆加工环节，是一种物理性、功能性的测试；**后道测试设备**属于电性能的检测。前道质量检测设备可分为：**1) 量测类设备**：针对被观测晶圆上的电路结构尺寸和材料特性进行定量描述，对应设备分为椭圆偏仪、四探针、原子力显微镜、CD-SEM、OCD设备等；**2) 检测类设备**：主要针对晶圆表面或电路结构，用于检测是否存在异质情况，产品包括膜厚/OCD量测设备、电子束量测设备、半导体硅片应力测量设备、明场光学缺陷检测设备。
- 据Semi数据，2022年半导体测试设备市场规模达76亿美元。根据SEMI数据，2022年中国占全球半导体设备市场规模26.6%，据此计算，**预计2022年国内半导体测试设备市场规模约139亿元人民币**。国外厂商在半导体测试设备领域长期居于垄断地位，其中，**科磊在大部分前道测试设备市场中占据50%以上市场份额**，在部分设备领域市占率达80%。

图表：检测设备与量测设备功能划分



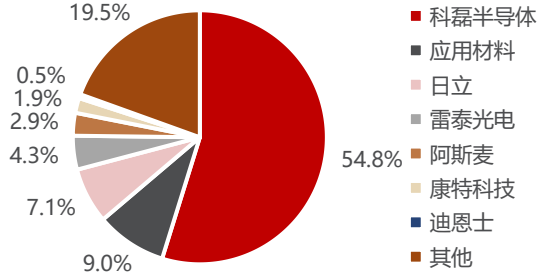
资料来源：中科飞测公告，民生证券研究院

图表：2020年前道测试设备中各类设备占比



资料来源：SEMI，民生证券研究院

图表：2020年全球前道量测/检测设备市场竞争格局



资料来源：VLSI Research，民生证券研究院

2.2 半导体：后道测试设备

- 后道测试设备可以划分为自动化测试系统（ATE）、分选机和探针台，其中自动化测试系统占比较大。后道测试设备注重产品质量监控，并贯穿半导体制造始末。半导体后道测试覆盖了IC设计、生产过程的核心环节，通过分析测试数据，能够确定具体失效原因，并改进设计及生产、封测工艺，以提高良率及产品质量。据Semi数据，2022年全球半导体设备市场规模为1076.5亿美元，后道封测设备市场规模61亿美元，预计到2023年下降13.11%至53亿美元，约364.4亿元人民币。根据SEMI数据，2022年中国占全球半导体设备市场规模26.6%，据此计算，**预计2023年，国内后道封测设备市场规模达97亿元人民币。**

图表：自动化测试系统（ATE）的分类

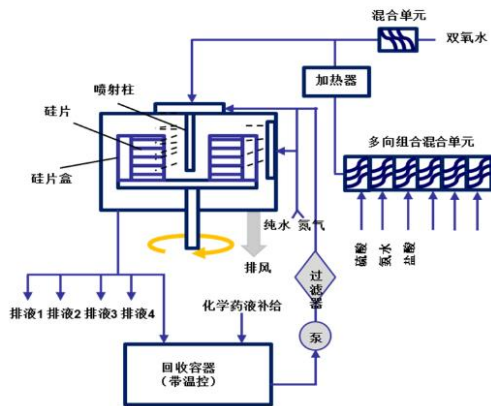
按应用分类		说明
模拟/混合测试机		主要针对以模拟信号电路为主、数字信号为辅的半导体而设计的自动测试系统，被测电路包括电源管理器件、高精度模拟器件、数据转换器、汽车电子及分立器件等。目前市场上主流模拟/混合测试机供应商为泰瑞达（ETS系列和FLEX系列），华峰测控（STS8200）和上海宏测（MTS737）等。
自动化测试系统（ATE）	SoC测试机	主要针对以SoC芯片的测试系统，通常可将逻辑模块、微处理器MCU/微控制器CPU 内核模块、数字信号处理器DSP模块、外部进行通讯的接口模块等集成在一起，其设计和封装难度高于普通逻辑和模拟芯片。目前市场上供应商有泰瑞达（Ultra Flex系列和J750系列）、爱德万（V9300系列）和华峰测控（STS8300）。
	存储测试机	主要针对存储器进行测试，基本原理是先写入一些数据，然后再校验读回的数据进行测试。虽然同样具备存储单元测试功能，但SoC测试机复杂程度较高，许多功能在测试时无法用到，因此出于性价比考量，很多存储芯片厂商选择采购存储器测试机进行测试。目前市场上存储测试机主要供应商为爱德万（T5XX系列）。

资料来源：长川科技招股说明书，华峰测控招股说明书，民生证券研究院

2.2 半导体：清洗设备

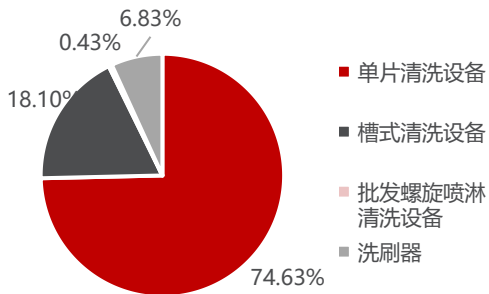
- 清洗设备：**随着芯片结构的复杂度不断提高，芯片对杂质含量的敏感度也相应提高，微小杂质将直接影响到芯片产品的良率。为最大限度地减少杂质对芯片良率的影响，当前的芯片制造流程在光刻、刻蚀、沉积等重复性工序后均设置了清洗工序，清洗步骤数量约占所有芯片制造工序步骤的30%以上，半导体清洗工序占比30%以上，其中湿法清洗占清洗步骤90%以上。从设备类型上来看，单片清洗设备占比达74.63%。
- 根据华经产业研究院，2020年全球半导体清洗设备市场规模达到25.44亿美元，预计2024年将达到31.98亿美元。迪恩士、东京电子、细美事、泛林半导体全球市占率合计达98%。盛美半导体、北方华创、芯源微、至纯科技为国内主要厂商。

图表：原子层沉积ALD原理图



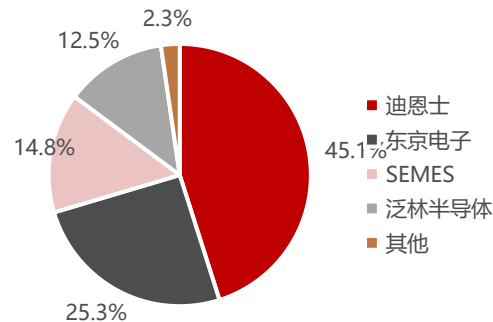
资料来源：盛美股份公告，民生证券研究院

图表：2019年全球湿法清洗设备占比



资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院

图表：2020年全球清洗设备市场格局



资料来源：Gartner，民生证券研究院

2.2 半导体重点标的

- 北方华创：**公司2022年全年实现营收146.88亿元，同比上年增长51.68%；归属于母公司扣非净利润21.06亿元，同比增长161.07%。公司刻蚀机、PVD、CVD、氧化 / 扩散炉、退火炉、清洗机等产品在集成电路及泛半导体领域实现量产应用，构建了半导体装备多品种、跨领域的产品平台，成为国内先进的半导体装备供应商。北方华创N7项目预计2024年3月竣工，建成后将成为北方华创最大的装备生产制造基地，进一步提高北方华创在集成电路设备、新型半导体设备、LED设备、光伏设备等生产规模和产品产能。
- 盛美半导体：**公司2022年全年实现营收28.73亿元，同比上年增长77.25%；归属于母公司扣非净利润6.90亿元，同比增长254.27%。2022年公司产品线不断扩大，相继推出立式炉热原子层沉积（ALD）Ultra Fn A设备、前道涂胶显影Ultra Lith TM Track设备、增强型等离子体化学气相沉积（PECVD）Ultra Pmax TM设备、先进封装用金属剥离湿法设备、新型化合物半导体湿法刻蚀设备和硅材料衬底制造用化学机械研磨后（Post - CMP）清洗设备等。此外，公司拟建设“盛美韩国半导体设备研发与制造中心”，预计能够进一步完善公司的全球化产业布局。
- 中微公司：**公司2022年营业收入约47.4亿元，同比增加52.5%；归属于上市公司股东的净利润约11.7亿元，同比增加15.66%。公司主打产品等离子体刻蚀设备在国内外持续获得更多客户的认可，市场占有率不断提高，在国际最先进的5纳米芯片生产线及下一代更先进的生产线上均实现了多次批量销售。另一个主打产品MOCVD设备在在蓝绿光LED生产线上取得了领先的地位。
- 精测电子：**公司2022年全年实现营收27.31亿元，同比上年增长13.35%；归属于母公司扣非净利润1.21亿元，同比增长4.06%。公司近年来集中优秀资源深耕半导体设备，2020-2022年半导体设备收入从6500万元，跃升到1.83亿元，增长强劲。膜厚量测设备率先突破，仅用一年就实现了集成式和独立式机型的双双出货。公司子公司武汉精鸿老化产品线取、CP/FT产品线及上海精测膜厚产品、电子束设备、OCD 设备、半导体硅片应力测量设备等均获得国内一线客户的批量订单或验证通过。公司明场设备即将出货，有望成为公司新增长点。

2.3 人形机器人

2.3

人形机器人国内本体公司

图表：人形机器人国内本体公司最新进展

国内本体公司	标志性事件时间	最新进展
小米	2022年8月11日，首款全尺寸人形仿生机器人CyberOne正式亮相。	2023年4月21日，成立了北京小米机器人技术有限公司。 2023年8月14日晚，全新仿生四足机器人CyberDog2作为发布会Onemorething惊喜登场。
小鹏汽车	2023年10月24日科技日上，小鹏汽车首次展示自研人形机器人PX5。	双足人形机器人已达到稳定行走的能力 ，可以完成各类双足行走越障。它可以直膝行走，能大步行走，还具备全地形稳定行走能力。目前 PX5已完成2小时以上的室内外行走和越障 。研发了类人灵巧手和 超轻量级仿人机械臂 ，超轻量化、高负载重量比的机械臂、11自由度的灵巧手，使其能够完成类似于人类的柔顺抓取操作与搬运操作。
博实股份	2023年8月18日，公司与哈尔滨工业大学签订《战略合作框架协议》，共同设立人形机器人关键技术及原理样机产业化研发项目。	截至2023年11月，公司的机器人项目主要集中在人形机器人领域，目前仍处于 研发阶段 。
优必选科技	2016年开始研发大型人形机器人。至今Walker已经历四次迭代，是中国首款实现商业化应用的大型人形机器人。	2023年8月，WalkerX、熊猫机器人悠悠等大型人形机器人再次集体亮相，展示了大运会闭幕式现场的骑平衡车，以及握手、开冰箱拿水、自拍、比心等动作及技能；展示了人形机器人全栈式技术在教育、商用服务等领域的应用成果，包括新一代人工智能教育机器人UGOT。 最新一代Walker正在研发中，最快将于12月底公开发布。 天奇股份与优必选科技合作开发的工业人形机器人拟于2023年12月底交付首台样机。 优必选机器人使用了 奥比中光的视觉传感器 ，可能和该领域相关公司有所接触。
智元	2023年8月14日，在社交媒体官宣智元人形机器人。	2023年8月18日，智元首款产品“远征A1”正式发布；Q4AI应用视频（待定）；远征A1的未来计划是可以各种复杂场景下自主完成移动和操作任务。

2.3

人形机器人国内本体公司

宇树科技	2023年8月世界机器人大会上，发布了首款“通用人形机器人H1”	截至8月，H1还没有双手，手臂末端是小块软垫；预计 2023年Q4可实现百台级量产 ，以9万美金以内的价格对外发售
达闼	2020年，达闼发布云端机器人操作系统海睿。	2023年8月，人形双足机器人XR4“七仙女”和云端农业采摘机器人首次亮相。 其2020年发布的人形智能服务机器人Cloud Ginger在接入达闼云端大脑和RobotGPT后，不仅具备出色的语言对话能力、多模态交互能力，还在现场通过舞蹈、篮球等方式与人类进行互动。
追觅	2022年年中，追觅正式立项了人形机器人项目。	2023年7月5日，追觅X实验室公众号发布显示通用人形机器人已经脱离实验室环境，在展厅、办公室、林荫道等室内室外场景中展示了招手互动、行走等动作行为。 其通用人形机器人实现了高度仿生 ，身高178cm，体重56kg， 全身共44个自由度，其中单腿还有完整的6自由度，可以完成单腿站立。
华为	2023年6月，东莞极目机器有限公司成立，由华为技术有限公司全资持股，该公司的成立为华为向机器人与智能制造布局的一大举措。	2023年11月17日 ，开鸿与乐聚机器人宣布推出 首款基于开源鸿蒙KaihongOS人形机器人 ，目前开源鸿蒙正在加速向人工智能行业渗透。
傅利叶智能	2023年7月，傅利叶智能正式发布首款通用双足机器人产品GR-1，现已开放预售。	GR-1具有相当高的负载能力和速度，并将领先实现量产交付；傅利叶智能也已将通用机器人技术在医疗康复场景实现规模化应用。
上海开普勒	2023年11月17日，开普勒先行者系列通用人形机器人正式面世，包括先行者K1、先行者S1和先行者D1三个型号。同时开发者平台KeplerOS也正式推出。	2023年11月17日，开普勒先行者系列通用人形机器人正式面世，包括先行者K1、先行者S1和先行者D1三个型号。同时开发者平台Kepler OS也正式推出。开普勒人形机器人以无限接近人类形态为目标，拥有高度仿生的类人行结构和运动控制，未来可实现商业化量产，预估对外售价2-3万美金之间。

资料来源：和讯网，人民网，企查查，36氪，财联社，东方财富网，每日经济新闻，同花顺，机器人大讲堂，CSDN，齐鲁壹点，智东西，机器人大讲堂，民生证券研究院

2.3 最新变化：CHATGPT接入，有望加速人形机器人进程

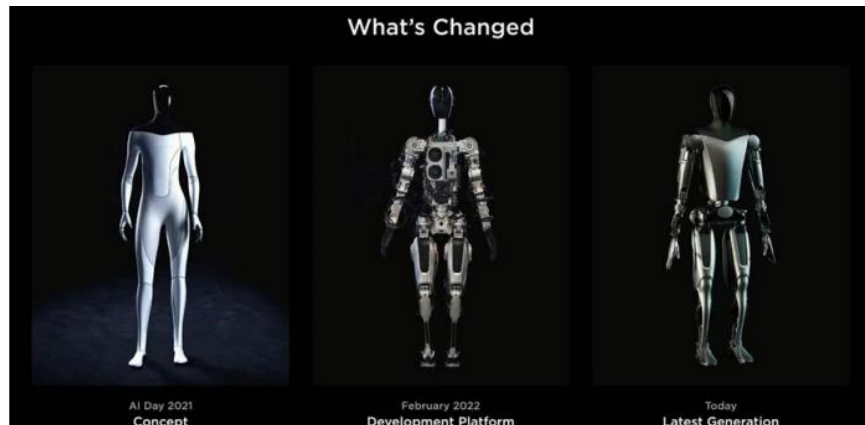
- **ChatGPT应用逐渐深入，“AI+机器人”布局再度火热。**今年以来，ChatGPT引发的AI大模型热潮，更是为人形机器人的发展注入了新生机。微软团队、谷歌、腾讯、小米、阿里巴巴等企业纷纷入场。
- **特斯拉机器人取得全方位进展，运动控制能力持续进化，AI能力大幅提升。**马斯克在德州超级工厂召开了2023年股东大会，会上通过视频展示了Optimus人形机器人最新进展，包括捡起物品、环境发现和记忆，基于AI模仿人类动作，能完成分类物品的复杂任务。

图表：“AI+机器人”布局火热

公司	布局
微软	探索ChatGPT在机器人领域的应用，旨在让人类用自然语言控制机器人等硬件平台
谷歌	推出视觉语言模型—PaLM-E，将目光投向了家庭自动化和工业机器人的场景
OpenAI	ChatGPT研发公司OpenAI领投挪威人形机器人公司1XTechnologies
阿里巴巴	将千问大模型接入工业机器人，在钉钉对话框输入一句人类语言，即可远程指挥机器人工作

资料来源：极目新闻，民生证券研究院

图表：特斯拉人形机器人示意图



资料来源：Tesla公众号，民生证券研究院

2.3 谷歌DeepMind RT-2

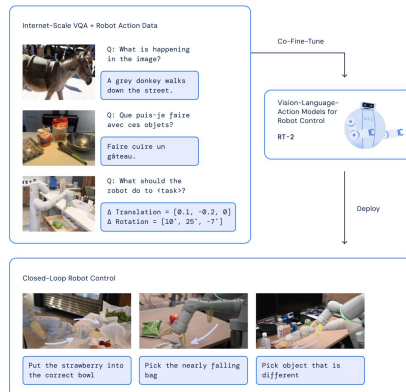
- **7月29日，谷歌旗下的AI研究机构DeepMind发布了RT-2。**RT-2表明，将视觉语言模型(VLM)预训练与机器人数据相结合，可以将视觉语言模型(VLM)转化为强大的视觉语言动作(VLA)模型，从而直接控制机器人。
- 通过基于PaLM-E和PaLI-X的两个VLAs实例，RT-2产生了高度改进的机器人策略，更重要的是，从网络规模的视觉语言预训练中继承了显著更好的泛化性能和应急能力。
- RT-2不仅是对现有VLM模型的简单有效的修改，而且还显示了构建通用物理机器人的承诺，该机器人可以推理，解决问题，并解释在现实世界中执行各种任务的信息。

图表：可以控制机器人的视觉语言动作 (VLA) 模型



资料来源：Google Deepmind，民生证券研究院

图表：RT-2 架构和训练



资料来源：Google Deepmind，民生证券研究院

图表：RT-2 架构和训练



资料来源：Google Deepmind，民生证券研究院

2.3 宇树Unitree H1-MPC运控算法

- 8月15日，宇树发布人形机器人H1，具备走路、预判躲闪、干扰后复位、小跑等运动能力。目前H1人形机器人的行走和平衡均是通过自主计算来完成的，没有人为干预介入。
- 宇树在H1人形机器人上面也集成了AI大模型，来提升与人类的交互水平。
- 宇树H1感知传感器配置为3D激光雷达 + 深度相机，控制和感知算力选用 2xIntel Core i7-1265U。

图表：H1受干扰后自动复位



资料来源：Unitree宇树科技公众号，民生证券研究院

图表：H1深度相机及3D激光雷达位置



资料来源：Unitree宇树科技公众号，民生证券研究院

图表：H1 技术参数

Unitree H1 技术参数

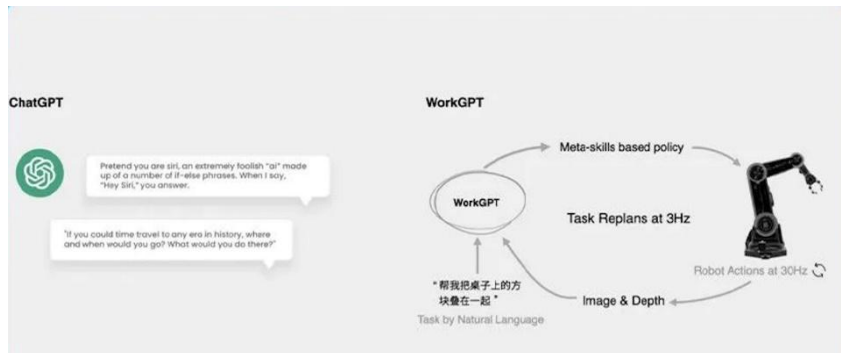
关键尺寸	(1520+285) mm×570mm×220mm
大腿和小腿长度	400mm×2
手臂总长度	338mm×2
单腿自由度	髋关节 ×3+ 膝关节 ×1+ 踝关节 ×1=5
单手臂自由度	4 (可拓展)
整机重量	约 47kg
关节单元极限扭矩	膝关节约 360N.m，髋关节约 220N.m，踝关节约 45N.m，手臂关节约 75N.m
行走速度	大于 1.5m/s (潜在运动能力 >5m/s)
电池	容量 15Ah(0.864KWh)，最大电压 67.2V
控制和感知算力	2×Intel Core i7-1265U (可选配拓展)
感知传感器配置	3D 激光雷达 + 深度相机
灵巧手	选配 (正在开发)

资料来源：Unitree宇树科技公众号，民生证券研究院

2.3 智元远征 A1 人形机器人：MPC 运控算法+Work GPT

- 8月22日，智元人形机器人远征A1。AgiROS是智元自研的一套机器人运行时中间件系统AgiROS秉持轻量、易用、高性能、高扩展性等原则，遵循现代的开发范式，提供多种语言的接口，以插件形式兼容主流生态，包括ROS、ROS2等机器人开发生态、GRPC、HTTP等云服务生态。
- 智元的具身智脑EI-Brain架构中，把机器人的思维系统分为云端的超脑、端侧的大脑、小脑，以及脑干几层，分别对应机器人任务级、技能级、指令级以及伺服级的能力。并且基于任务数据反馈，EI-Brain具备在机器人任务执行过程中不断自我学习强化的能力。
- 与传统AI技术不同，智元的Work-GPT充分应用了语言和图像大模型庞大的先验知识库和强大的通识理解能力，并实现了复杂的语义多级推理能力，即“思维链”。

图表：语言人物模型Work-GPT



资料来源：智元机器人公众号，民生证券研究院

图表：具身智脑EI-Brain



资料来源：智元机器人公众号，民生证券研究院

2.3

传动环节的硬件有望最先受益——行星减速器

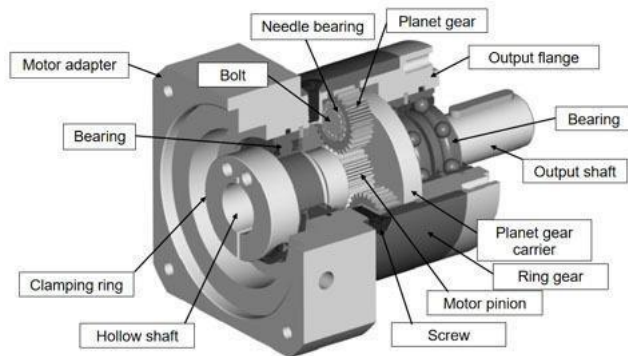
- 行星减速器是一种动力传达机构，利用齿轮的速度转换器，将马达的回转数减速到所要的回转数，并得到较大转矩的机构。
- 行星减速机体积小、重量轻，承载能力高，使用寿命长、运转平稳，噪声低。具有功率分流、多齿啮合独用的特性。
- 行星减速机主要传动结构为：行齿轮组，太阳齿轮组，内齿环。

图表：行星减速器



资料来源：深圳维动自动化设备，民生证券研究院

图表：行星减速器结构

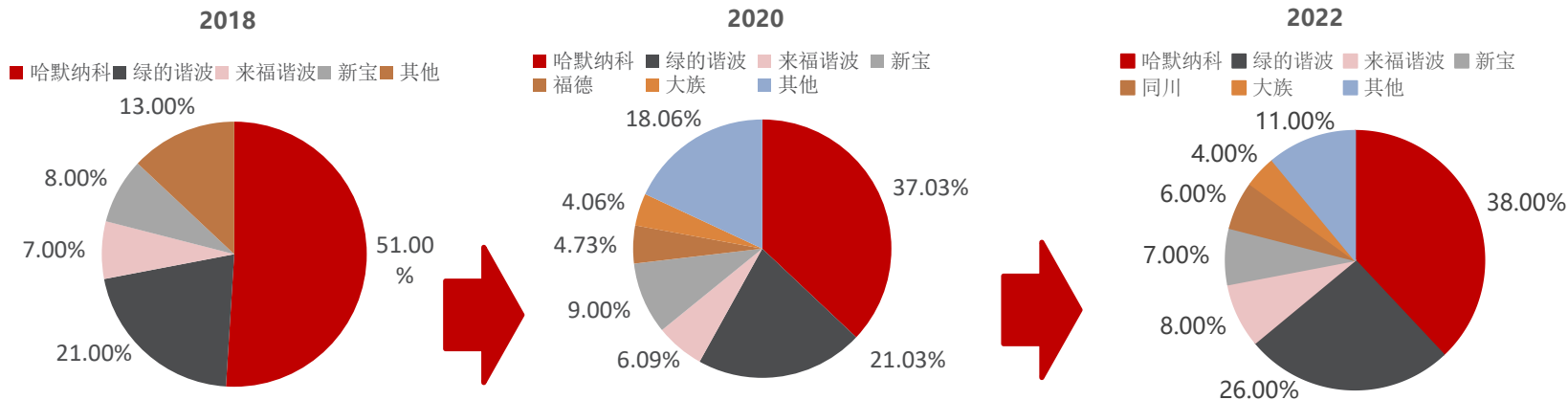


资料来源：深圳维动自动化设备，民生证券研究院

2.3 谐波减速器

- **谐波减速器是人形机器人的重要核心零部件。**减速器是常用作原动件与工作件之间的减速传动装置，在二者之间起到匹配转速、传递扭矩的作用，常见的有RV减速机、谐波减速机等。由于谐波减速器具有体积小、重量轻的优点，因此是人形机器人的优质选择。
- **国产替代持续进行，哈默纳科仍是国内市占第一。**哈默纳科在全球范围内谐波减速器领域处于市场主导地位，依靠长期的研发技术积累、规模化的生产能力、稳定的产品质量和性能持续保持竞争力。但近年来，随着国内谐波减速器技术的突破，国产化进程不断推进，2021年国内市场占有率已经超过45%，未来有望继续提高。

图表：国内谐波减速器市场国产替代持续进行



资料来源：中商情报网，高工机器人，未来智库，民生证券研究院

2.3

丝杠

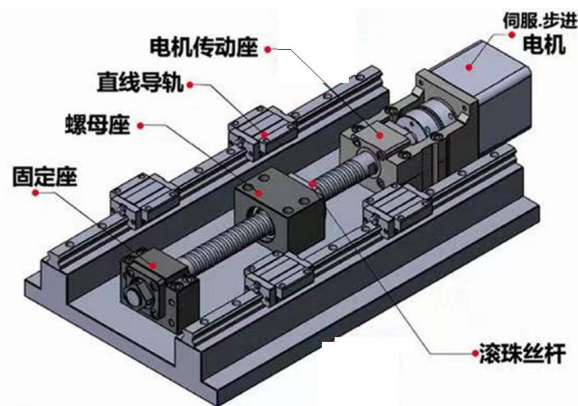
- 丝杠具有滑动摩擦系数较小、高效率、长寿命、可逆转、易于控制的特点，使其在机械传动中被广泛应用。
- 丝杠按其摩擦特性可分为三类：即滑动丝杠、滚动丝杠及静压丝杠。
- **导轨与丝杠成套运行，导轨用于实现支撑和导向。**常用导轨种类包括滑动导轨、滚动导轨、静压导轨等。

图表：滚珠丝杠、滚柱丝杠、梯形丝杠的特点对比

	梯形丝杠	滚珠丝杠	行星滚柱丝杠
示意图			
接触方式	面接触	点接触	线接触
摩擦力	大	最小	较小
自锁性能	完全自锁	不完全自锁	不完全自锁
传动效率	15%-85%	85%以上	90%以上
承载能力	小	较大	最大
精度	低	最高	较高
丝杠与螺帽间隙	大	小	小
速度	低	较高	最高

资料来源：深圳合发齿轮机械公众号，南通威昂传动科技有限公司官方账号等，民生证券研究院

图表：滚珠丝杠及导轨结构



资料来源：上银科技，民生证券研究院

2.3 电机

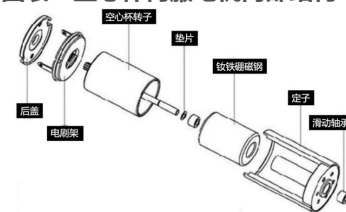
- 常见电机可分为直流与交流电机、有刷与无刷电机、同步与异步电机。
- 空心杯电机——机器人的手指执行器。属于直流永磁伺服电动机的空心杯电机完美契合人形机器人对应手指关节轻量化、高精度等需求。
- 直驱电机在部分承力较大的关节大扭矩是不错的选择。直驱电机是直接驱动式电机的简称，不需经过传动装置（如传动皮带等），可以分为旋转直驱电机或直线直驱电机两类。与非直驱电机相比直驱电机刚性高，系统控制带宽高，系统响应迅速，精度更高，具有较高的能源效率，且减少了维护工作量，可靠性更高。

图表：空心杯伺服电机



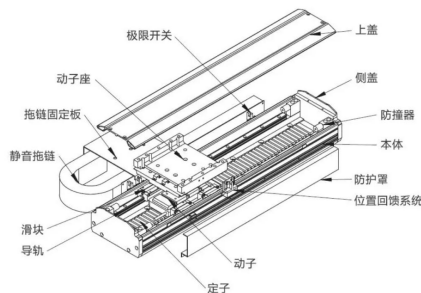
资料来源：北京博创兴盛机器人、民生证券研究院

图表：空心杯伺服电机内部结构



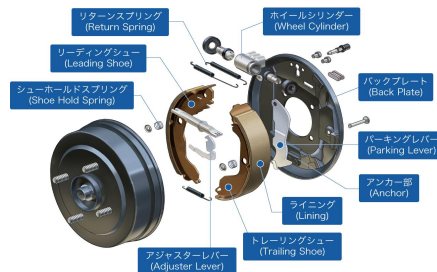
资料来源：找磁材、民生证券研究院

图表：直线直驱电机示意图



资料来源：东莞市泰莱自动化、民生证券研究院

图表：旋转直驱电机示意图

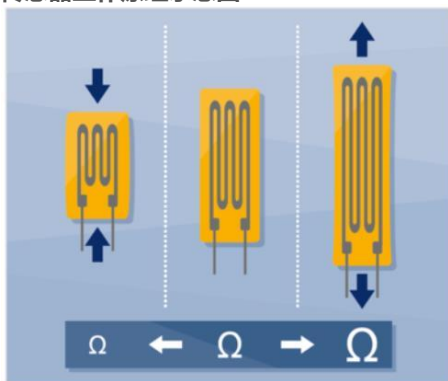


资料来源：日本株式会社公司官网、民生证券研究院

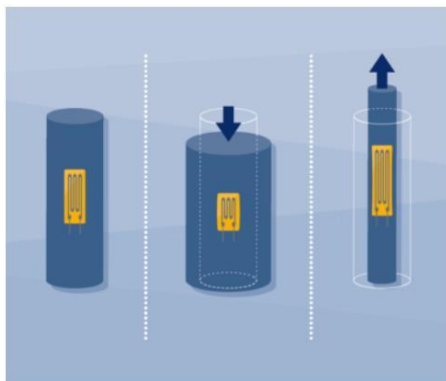
2.3 传感器同样值得关注——力传感器

- **力传感器可分为一维传感器和多维传感器**，根据感力原件的不同，传感器主要分为三类：应变式力传感器、光学式传感器以及压电式力传感器。
- **力传感器是机械、电子、算法、计量融合的复杂交叉学科，技术壁垒较高**。多维力传感器能够实现更精细的工作需求。利用传感器的路径记录功能，操作员可以简单地抓住臂端装置并进行预期的移动。传感器记录操作员施加的力和方向，然后机器人就可以重复操作员的动作。这将极大地提高工作效率，同时将有助于保障操作工人的安全。
- **力传感器的重要部件包含弹性体和应变片**，弹性体制造质量直接影响到传感器的测试性能指标，因此，弹性体的制造是力传感器生产的重要环节。力传感器的生产流程主要包含弹性体加工及后处理工艺。

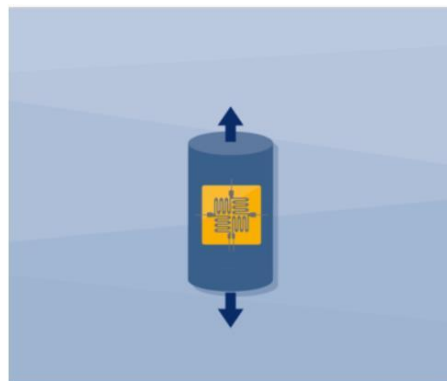
图表：力传感器工作原理示意图



如果应变片被压缩，其电阻 (Ω) 会下降，如果拉伸，则电阻增加。



如果应变片被压缩，其电阻 (Ω) 会下降，如果拉伸，则电阻增加。



图中为惠斯通电桥，四个应变片组成一个“环”。circuit looks like:
Here, four SGs are connected "in a ring".

资料来源：： HBK 官网，民生证券研究院

2.3 惯性导航方案 (IMU)

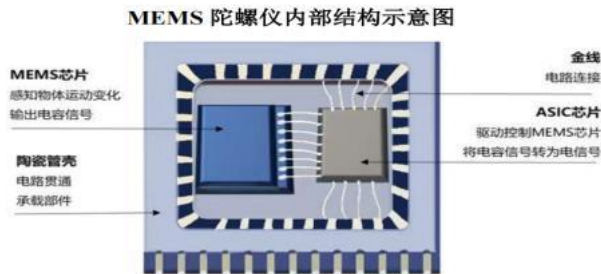
- 一个 IMU 通常包含三个轴向的陀螺和三个轴向的加速度计，以测量物体在三维空间中的角速率和加速度。
- **IMU 传感器：人形机器人借助实现定位、平衡及姿态检测。**目前人形机器人中需要采用IMU惯性传感器。根据精度要求，IMU 可分为消费级、工业级、战术级，根据原理的不同也可分为 MEMS IMU，光纤 IMU，其中自动驾驶或人形机器人一般采用工业级的 MMES IMU 即可，价格带在数百元至数千元。
- **IMU 难点主要在解决误差和提高精度。**MEMS IMU 的误差一是来源于惯性传感器自身的误差，二是 IMU 在集成过程中产生的误差。而上述两种误差又可分为系统误差和随机误差。

图表：IMU外观图



资料来源：华强电子，民生证券研究院

图表：MEMS 陀螺仪内部结构



资料来源：芯动联科招股书，民生证券研究院

2.3 重点标的

- **三花智控**：电机环节+关节总成代工，相对确定性最高的公司。公司是一家全球领先的生产和研发制冷空调控件元件和零部件的厂商。在汽车、电器和空调行业中，通过与全球著名企业的合作紧密，已成为世界领先的OEM供应商。
- **贝斯特**：2022年1月，公司设立全资子公司“无锡宇华精机有限公司”，充分发挥公司在工装夹具、智能装备、工业自动化集成等领域的技术优势和在汽车行业的生产管理体系优势，全面布局直线滚动功能部件（产品包括：高精度滚珠/滚柱丝杠副、高精度滚动导轨副等），瞄准高端机床领域、半导体装备产业、自动化产业、机器人领域等市场进行大力开拓，高举高打，快速切入“工业母机”新赛道。目前，公司生产的滚珠丝杠副、直线导轨副等产品首台套已实现成功下线，部分产品已在送样验证过程中。
- **五洲新春**：公司已经研发成功机器人谐波减速器柔性薄壁轴承、RV减速器圆锥滚子轴承及各类定制化球轴承，并积极研发交叉滚子轴承。公司高度关注机器人产业的发展趋势，加快机器人轴承相关业务的下游市场开拓。短期内在柔性薄壁轴承完成对大族谐波、中大力德等谐波减速器生产厂商的送样，同时已经与主流机器人系统供应商在机器人轴承及滚柱丝杠、滚珠丝杠等领域开展深入的技术交流，力争在2023下半年取得突破并交付相关样品。

2.4 复合集流体

2.4

核心观点-复合铜箔

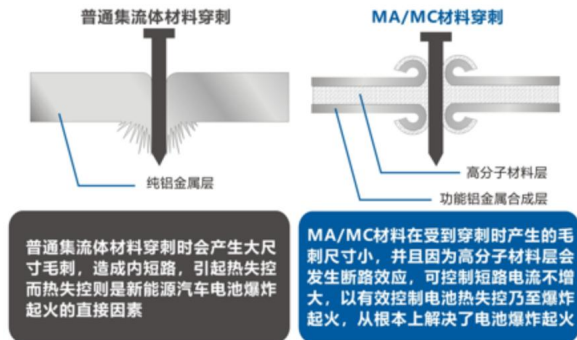
- 复合铜箔具备多项优势，产业化前景广阔。**复合铜箔是以PET/PP等高分子材料作为基膜，通过真空镀膜等工艺，在其双面堆积出的铜/铝导电层而形成的复合材料，形成“金属-PET/PP高分子材料-金属”的“三明治”结构，具备高安全性、高比能、长寿命、低成本等优势。
- 复合铜箔产业化进程加速，进入量产前夜。**随着复合铜箔焊接工艺、产品良率问题逐步被攻克，产业化进程大大加快，2023年5月，宝明科技在投资者互动平台表示，公司赣州复合铜箔一期已于二季度量产。随着材料商解决量产瓶颈，目前复合铜箔已进入到下游最终测试阶段，测试结果顺利的话有望逐步规模装车。2025年国内锂电池产能将达1672.6GWh，根据我们的测算，假设2025年PET铜箔材料渗透率到达10%，考虑到设备订单至交付周期约1年，23-24年核心设备累计市场空间有望达到83.63亿元。
- 复合铜箔技术路线各有优劣，有望齐头并进。**一步法通过干法或湿法一步成型，工序简单，均匀性好且良品率高，但效率较低且投资成本较高；两步法通过磁控溅射及水电镀法衔接，有效提高效率，但均匀性较一步法差；三步法在两步法的基础上增加真空蒸镀工艺，效率在三种路线中最优，但工序繁多，且真空蒸镀工艺的高温环境容易使基膜穿孔，良品率低。目前行业尚处于量产前夜，技术路线未完成定型，随着产业突破，未来三种路线有望齐头并进。
- 重点标的：东威科技、骄成超声、三孚新科等**

2.4

复合铜箔具备多项优势，产业化前景广阔

- 复合铜箔是以PET/PP等高分子材料作为中间层基膜，通过真空镀膜等工艺，在基膜上下两面堆积出双层铜/铝导电层所形成的复合材料。结构方面，复合铜箔表现为“金属-PET/PP高分子材料-金属”的“三明治”结构。
- 相对于传统铜箔而言，复合铜箔独特的结构赋予了其非同寻常的优势：1) 高安全性：复合铜箔中间层由高分子材料构成，高分子材料具备不易断裂的特性，即便断裂，由于表面金属层较传统铜箔更薄，断裂后产生的毛刺无法达到刺穿隔膜的程度，从而降低了毛刺刺穿隔膜并与电极接触的风险。其次，高分子基材具有阻燃特性，其金属导电层较薄，短路时会如保险丝般熔断，使得电池损坏仅局限于刺穿位点，只形成“点短路”。2) 高比能：复合铜箔中间层采用轻量化高分子材料，重量比压延铜箔降低50%-80%。随着重量占比降低、电池内活性物质占比增加，能量密度可提升5%-10%。3) 长寿命：高分子材料围绕电池内活性物质层形成层状环状海绵结构，在充放电过程中，海绵结构可吸收极片活性物质层锂离子嵌入脱出产生的膨胀-收缩应力，保持极片界面长期完整性，使循环寿命提升5%。4) 低成本：压延铜箔为纯铜生产制造而成，而复合铜箔采用高分子材料替换部分金属，原材料成本更低。按PET价格为0.73万元/吨的单价、铜价6.64万元/吨（2023年6月5日的价格），结合密度可计算出复合铜箔及为1.23元/m²，较传统铜箔减少65.4%的原材料成本。但受限于设备、工艺、材料等的进展，目前量产复合铜箔总成本相对于压延铜箔尚不具备明显优势。
- 其劣势在于：1) 阻值高/产热高，影响电池倍率性能（充/放电速率）；2) 表面镀层缺陷多；3) 能量密度不一定高。

图表：复合铜箔有利于解决电池安全问题



资料来源：重庆金美官网，民生证券研究院

图表：复合铜箔与传统铜箔成本对比

	材料组成	密度 (g/cm ³)	价格 (万元/吨)	原材料成本 (元/m ²)
传统铜箔	6μm 铜	8.96	6.64	3.57
PET 复合铜箔	4.5μm PET 材料	1.38	0.73	0.045
	2μm 铜	8.96	6.64	1.19
复合铜箔相比传统同成本优势			65.4%	

资料来源：生意社，上海期货交易所，民生证券研究院整理

2.4

复合铜箔产业化进程加速，进入量产前夜

- 复合铜箔产业化进程加速，2023年有望成为放量元年。从发展历程上来看，国内复合铜箔产业链可分为三个阶段：
- 1) 2015年开始的探索阶段：以金美新材料为代表的企业，开始进行新型多功能复合集流体材料的工艺研发及生产，下游电池厂也在积极进行研发布局，宁德时代、比亚迪、厦门海宸等企业。
- 2) 2021-2022年加速突破的阶段：2021年下半年开始，众多新厂商开始布局复合铜箔，包括通过ITO镀膜、PET基膜制造等原有技术跨界进入复合铜箔制造领域的宝明科技、双星新材、阿石创等，陆续向下游送样验证，2022年以东威科技为代表的设备厂在磁控溅射、水电镀、超声波焊接等设备上进行迭代升级，进一步助推行业技术升级
- 3) 2023年开始的规模量产阶段：随着复合铜箔焊接工艺、产品良率问题逐步被攻克，产业化进程大大加快，2023年5月，宝明科技在投资者互动平台表示，公司赣州复合铜箔一期已于二季度量产。随着材料商解决量产瓶颈，目前复合铜箔已进入到下游最终测试阶段，测试结果顺利的话2024年复合铜箔有望实现大规模装车。

图表：复合集流体材料厂商布局及进展

公司	地点	投资额（亿元）	规划产能	最新进展
金美新材	重庆	一期15亿元	一期预计年产能3.5亿平，二、三期规划2025年形成产值100亿元	
	宜宾	55亿元	12亿平新型多功能复合集流体材料	
宝明科技	赣州	60亿元	一期投产后预计年产1.5亿-1.8亿平	一期于23Q2量产
双星新材			计划2025年完成5亿平米项目建设	
璞泰来		20亿元	约1.6万吨/年复合铜箔产能	
	扬州一期		2.2亿平	
	扬州二期	112亿元	50亿平	2023年可年产5亿平
胜利精密	安徽一期	8.5亿元	整体12亿平	
	安徽二期	47.5亿元		
诺德股份		25亿元	复合铝箔和复合铜箔4.2亿平方米	计划2024年6月底前至少建成一条线投产
英联股份		30.89亿元	年产复合铜箔5亿平方米、复合铝箔1亿平方米	已建成3条复合铜箔产线，第4-6条产线安装调试中

资料来源：各公司公告，高工锂电，民生证券研究院

2.4 复合铜箔技术路线各有优劣，多种技术路线有望齐头并进

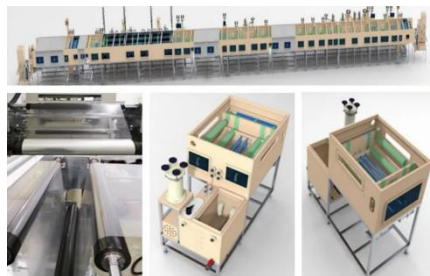
- 目前产业界使用的复合铜箔生产方法包括一步法（化学沉积法/真空磁控溅射/真空蒸镀法）、两步法（真空磁控溅射+水电镀）和三步法（真空磁控溅射+真空蒸镀+水电镀）。
- 复合铜箔一步法根据工艺不同可分为全干法及全湿法，前包括真空磁控溅射及真空蒸镀，后者为化学电镀法。真空磁控溅射及真空蒸镀一步法生产过程是通过反复磁控溅射或反复蒸镀的方式将镀铜层沉积至1微米，设备端布局企业主要系道森股份旗下洪田科技。但复合铜箔全干法一步法目前存在设备价格较高，成膜速率较慢等问题，若仅用磁控溅射镀铜或真空蒸镀镀铜，设备产能将大幅下降，从而拉高单平复合铜箔的制造成本（折旧高，生产耗电量大，电费成本高，需要后续提高效率以达到量产成本）。
- 化学沉积一步法指的是通过化学反应沉积铜层，首先对基膜表面进行清洁、粗化，提升基膜表面粗糙度，再沉积铜层以形成良好的结合力，布局企业主要系三孚新科。化学沉积一步法制造复合铜箔的核心优势在于可以解决电化学沉积的边缘效应，从而提升镀铜层均匀性，可以做出更大的幅宽。其缺点在于需要活化药剂添加贵金属使得成本较高、基材与铜层表明结合力较差、速率较慢等问题，需通过规模化、配方调整、产能提升、设备工艺改进等方式进行降本增效。2023年5月，全球首台由三孚新科自研的，量产型一步式全湿法复合铜箔电镀设备成功出货，标志着三孚新科在复合铜箔制造的一站式技术解决方案上已取得重大产业化突破。

图表：洪田科技复合铜箔一体机采用磁控溅射双面镀膜技术



资料来源：洪田科技微信公众号，民生证券研究院

图表：三孚新科“一步法”复合铜箔设备图



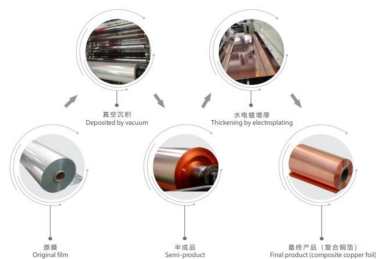
资料来源：三孚新科微信公众号，民生证券研究院

2.4 复合铜箔技术路线各有优劣，多种技术路线有望齐头并进

- 复合铜箔两步法生产流程包括真空磁控溅射及水电镀增厚，三步法则是在真空磁控溅射之后，水电镀之前增加一道真空蒸镀工艺。
- 区分两步法及三步法的核心步骤是真空蒸镀环节，真空蒸镀相对于磁控溅射而言铜沉积效率更高，由于第一步磁控溅射线速度较低（线速度越快，单位时间沉积的铜越少），铜膜沉积速率慢，加入真空蒸镀之后生产效率会大幅提升，但三步法的缺陷在于使用蒸镀设备时作业温度较高，高分子材料在高温作用下可能受到热损伤，因此目前主流厂商还是使用两步法进行生产。但两步法也存在良率有待提升、镀膜厚度不均、复合铜箔切边损失较大、难以满足大宽幅薄膜生产等难题。
- 产业链方面，复合铜箔两步法核心设备包括磁控溅射设备、水电镀设备以及焊接设备。目前磁控溅射设备海外占据主流，国内厂商加速替代，水电镀龙头东威科技也在纵向延伸，样机已有进展；水电镀设备格局良好，东威科技是目前唯一一家能实现量产PET铜箔的水电镀设备供应商；复合集流体结构使得焊接难度大大提高，骄成超声基于自身多年在超声波技术领域的积累，独家推出超声波滚焊设备。
- 综上，一步法通过干法或湿法一步成型，工序简单，均匀性好且良品率高，但效率较低且投资成本较高；两步法通过磁控溅射及水电镀法衔接，有效提高效率，但均匀性较一步法差；三步法在两步法的基础上增加真空蒸镀工艺，效率在三种路线中最优，但工序繁多，且真空蒸镀工艺的高温环境容易使基膜穿孔，良品率低。目前行业尚处于量产前夜，技术路线未完成定型，随着产业突破，未来三种路线有望齐头并进。

图表：复合铜箔两步法产业链

图表：复合铜箔两步法生产工艺



资料来源：腾胜科技官网，民生证券研究院

上游	中游	下游
铜靶材 基膜 PET基膜、PP基膜、PI基膜	磁控溅射设备 水平镀膜设备	动力电池 储能电池 消费电池
基膜：双星新材、日本东立、韩国东立	磁控溅射：美国应材、德国Leybold、东威科技、腾胜科技 水平镀膜：东威科技、精工企业等	铜箔制造：双星新材、宝明科技、重庆金美、诺德股份、万顺新材 电池企业：宁德时代、重庆金美等

资料来源：公司公告，民生证券研究院整理

2.4

2022-2024年复合铜箔设备累计市场空间超80亿元

- **我们预计至2022-2024年复合铜箔设备累计市场空间83.36亿元**，核心假设如下：1) 2025年国内锂电池产能：根据我们的统计，2025年国内锂电池产能将达到1672.6GWh；2) 复合铜箔渗透率：考虑到PET铜箔兼具安全性、经济性以及高能量密度的特点，我们针对2025年国内PET铜箔的渗透率做敏感性分析，假设2025年PET铜箔渗透率可能为10%、20%、30%、40%、50%；3) 核心设备价值量：根据东威科技公司公告，1GWh电池一般需要2台真空镀膜设备和3台镀膜设备，1台真空镀膜设备和1台镀膜设备的价值量均为1000万元，则单GWh所需磁控溅射设备投资额约为0.2亿元/GWh，单GWh所需镀膜设备投资额约为0.3亿元/GWh；4) 年均设备投资额：2025年复合铜箔的出货对应所需的设备将在2022-2024年完成采购，则年均设备投资额即为2025年所需总量的在22-24年三年完成建设。
- **根据我们的测算，假设2025年PET铜箔材料渗透率到达10%，考虑到设备订单至交付周期约1年，22-24年复合铜箔核心设备市场空间为83.63亿元。**
- **复合铜箔一步法设备及镀铜药剂市场空间：**根据我们的测算，假设2025年复合铜箔材料渗透率到达10%，复合铜箔一步法生产工艺在所有制造工艺中占比30%，假设单GW设备投资额与两步法一致（5000万元）考虑到设备订单至交付周期约1年,对应22-24年复合铜箔一步法核心设备累计市场空间为25.09亿元，假设化学一步法及干法一步法各占50%，2025年新建产能全部开车，对应一步法镀铜药剂市场空间为12.54亿元。

图表：2022-2024年复合铜箔设备空间测算

项目	单位					
2025 年国内锂电池产能	GWh	1672.6	1672.6	1672.6	1672.6	1672.6
2025 年复合铜箔渗透率	%	10%	15%	20%	25%	30%
2025 年复合铜箔产能	GWh	167.3	250.9	334.5	418.2	501.8
2022-2024 年磁控溅射设备市场空间	亿元	33.45	50.18	66.90	83.63	100.36
单 GWh 所需磁控溅射设备投资额	亿元/GWh	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2022-2024 年镀膜设备市场空间	亿元	50.18	75.27	100.36	125.45	150.53
单 GWh 所需镀膜设备投资额	亿元/GWh	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
2022-2024 年核心设备市场空间	亿元	83.63	125.45	167.26	209.08	250.89

资料来源：各公司公告，民生证券研究院测算

图表：2022-2024年复合铜箔一步法设备及镀铜药剂空间测算

项目	单位	
2025 年国内锂电池产能	GWh	1672.6
2025 年复合铜箔渗透率	%	10%
2025 年复合铜箔需求量	GWh	167.26
2025 年一步法复合铜箔渗透率	%	30%
单 GW 设备投资额	亿元	0.5
2022-2024 年一步法复合铜箔设备市场空间	亿元	25.09
复合铜箔一步法工艺中干法渗透率	%	50%
2025 年一步法镀铜药剂市场空间	亿元	12.54

资料来源：各公司公告，民生证券研究院测算

2.4

两步法重点标的：东威科技、骄成超声

- 东威科技主要从事高端精密电镀设备及其配套设备的研发、设计、生产及销售，主要产品包括应用于PCB电镀领域的垂直连续电镀设备、水平式表面处理设备，以及应用于通用五金电镀领域的龙门式电镀设备、滚镀类设备。公司自主研发的垂直连续电镀设备可以用于各种基材特性（刚性板、柔性板及刚柔结合板等）、特殊工艺（高频板、HDI板、IC封装基板及特殊基材板等）、应用场景（5G通讯、消费电子、汽车电子、工控医疗及航空航天等）的PCB的电镀制程，技术延展性好、设备适应性强。公司凭借在PCB电镀设备领域的深厚技术积累与领先市场地位，将业务拓展至新能源领域，形成了在新能源电镀领域的先发优势。公司首台磁控溅射设备已下线发货，正式涉足真空装备制造领域。在新能源镀膜设备推广过程中，存在镀膜设备与磁控溅射设备前后端技术条件衔接及产品质量归属问题，为更好地服务下游客户，公司新建真空镀膜事业部，引进技术团队，自主研发、制作真空磁控溅射设备，并于2022年12月完成首台设备下线发货。公司已生产制造的磁控溅射设备，作为镀铜膜的前道工序，可与新能源镀膜设备形成有效协同，能与公司锂电镀膜设备工艺密切衔接，帮助公司打造一体化复合铜箔生产线并向客户提供一体化专业服务。
- 骄成超声主要从事超声波焊接、裁切设备和配件的研发、设计、生产与销售，并提供新能源动力电池制造领域的自动化解决方案。公司掌握了包括超声波电源、压电换能器、声学工具、控制器、在线监控系统和自动化系统在内的全套超声波设备核心部件的设计、开发和应用能力。通过自身的超声波技术平台，依靠以超声波技术为核心的基础研发技术和创新技术，拥有向不同行业应用拓展的能力，可根据下游不同行业的需求开发出满足应用要求的各类超声波设备和配件。公司产品主要应用于新能源动力电池、橡胶轮胎、无纺布、汽车线束、功率半导体等领域。

图表：东威科技连续镀膜设备



资料来源：东威科技官网，民生证券研究院

图表：骄成超声金属焊接设备



资料来源：骄成超声官网，民生证券研究院

2.4 一步法重点标的：三孚新科

- **公司是国内领先的表面工程专用化学品提供商，打造多边产品矩阵。**公司主要产品分为电子化学品和通用电镀化学品，其中，电子化学品应用于电子工业表面工程技术，通用电镀化学品主要应用于汽车零部件和五金卫浴行业等通用电镀工艺。公司自设立以来，不断完善产品结构、丰富产品应用领域。
- 公司依托于自身多年来在电子化学品电镀领域的技术积累，布局复合铜箔化学一步法，提供复合铜箔镀铜设备一体机+镀铜药剂整体解决方案。制约复合铜箔量产的两大因素为良率+成本。良率方面，公司通过优化塑料电镀工艺中的粗化及电镀技术极大的解决了产业化良率问题；成本方面，公司独创的低浓度钯及无钯催化技术能显著降低贵金属使用量，实现成本节约。
- **主业稳健，电子化学品受PCB下游需求拉动，通用化学品格局有望集中。**5G发展带来PCB增量需求，2022年我国5G基站数量达231万个，同比+61.5%，高速增长的基站数量将带来高通信PCB增量。2015年工信部发布《电镀行业规范条件》，电镀企业进入电镀集中区，公司已经通过“园区合作”的方式与多个电镀园区建立了业务合作关系。随着下游电镀加工企业的园区化进程将持续进行，电镀行业的集中度有望进一步提高。

图表：三孚新科复合铜箔产品

主要产品名称	产品应用场景	产品应用技术特点介绍	主要应用领域图例
复合铜箔电镀设备	应用于复合铜箔的制造	水平设计，沉浸式处理，薄膜表面铜层厚度均匀一致；生产过程中薄膜水平行进，不存在单点受力或局部受力过大的情况；收放卷次数少，有效避免薄膜变形、断带等异常；操作温度低，能有效避免薄膜穿孔。	

资料来源：三孚新科公告，民生证券研究院

图表：三孚新科复合铜箔相关专利

专利名称	申请时间	背景技术	实际效果
《一种 PET 表面粗化液及其制备方法》	2021/10/21	目前常用粗化液使用过程需要高温加热，度环境和操作人员不友好，而且应用于 PET 表面时粗化效果不佳	有效提高了 PET 表面的亲水性，从而提高 PET 镀层直接的结合力，改善镀层的致密性
《一种塑料用化学电镀铜液及其制备方法》	2021/7/26	现有的塑料镀铜液体实际镀铜效果不理想	有效改善镀铜层的结合力和延展性，降低孔隙率

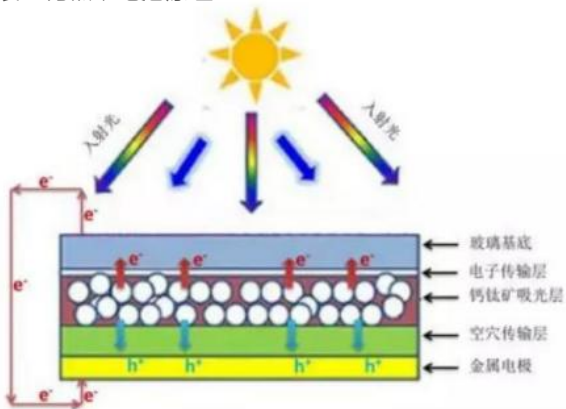
资料来源：陈维速等人《一种PET表面粗化液及其制备方法》，田志斌等人《一种塑料用化学电镀铜液及其制备方法》，民生证券研究院

2.5 钙钛矿设备

2.5 钙钛矿电池原理：非钙钛矿层镀膜可借鉴部分晶硅工艺

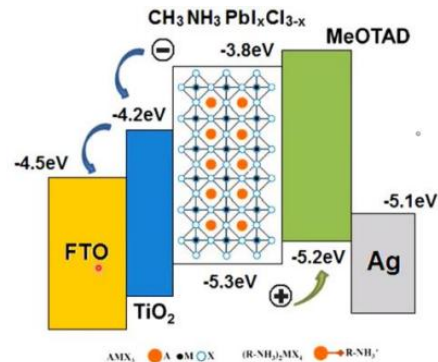
- 基本原理：**太阳光入射到**钙钛矿层**后随即被吸收，光子的能量将原来束缚在原子核周围的电子激发，使其形成自由电子，由于物质整体上必须保持电中性，电子被激发后就会同时产生一个额外的带正电的对应物，即空穴。这样形成一个“电子--空穴对”，电子与空穴分别流向电池的阴极和阳极，即形成电流。
- ETL（电子传到层）/HTL（空穴传到层）：**HTL和ETL也分别充当电子阻挡层和空穴阻挡层的角色，ETL层仅允许电子通过，HTL层仅允许空穴通过。两者的主要作用是提高传输效率。**TCO/金属电极：**TCO导电玻璃层为基底，可以直接购买或者用PVD法镀膜制备，金属电极目前一般选用银，未来也有可能选择铜。**钙钛矿层**吸收光并产生电子空穴对，因此要保证大面积制备时光电转换效率不衰减，首先就要保证钙钛矿层的膜的质量及均匀性，此外钙钛矿层替换了原有晶硅层的作用，因此除去钙钛矿层的制备，目前非钙钛矿层的制备可参考借鉴晶硅电池中成熟的镀膜方法（比如各类PVD）

图表：钙钛矿电池原理



资料来源：电子发烧友，民生证券研究院

图表：钙钛矿电池原理

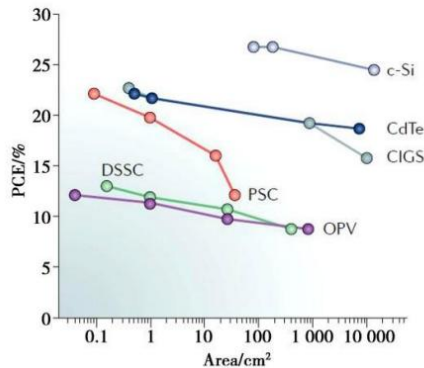


资料来源：电子发烧友，民生证券研究院

2.5 钙钛矿层的制备是大面积制备钙钛矿电池的核心环节

- 大面积**：当前试验数据，随着面积的增加，钙钛矿电池能量转换效率下滑幅度**相较其他光伏电池更明显**。主要原因包括：1) 大面积钙钛矿薄膜容易出现孔洞；2) 大面积界面层质量不易控制；3) 连接子电池单元的死区造成效率损失。
- 目前实验室小面积制备方法的局限性**：在钙钛矿电池各功能层的制备过程中，**难度最大也最为关键的是钙钛矿活性层的大面积制备**，其他功能层的大面积制备均可借鉴已经商业化应用的其他类型光伏薄膜电池电荷传输层制备方法。目前小面积 ($<1\text{cm}^2$) 的钙钛矿电池主要通过溶液涂旋法制备，而当器件面积扩展到 100cm^2 以上时，由于旋涂技术固有的边缘效应、扩展性差、原料浪费等缺陷导致该方法不再适用。如何在于保证大面积薄膜的致密性、覆盖性、平整度、大晶粒尺寸，是当前钙钛矿薄膜工艺的重点研究方向。

图表：不同类型太阳能电池转换效率和器件面积关系（PSC为钙钛矿）



资料来源：杨志春《大面积钙钛矿薄膜制备技术的研究进展》，民生证券研究院

图表：正式、反式钙钛矿电池示意图

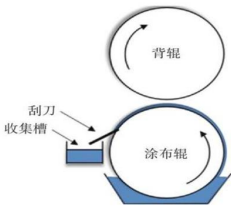
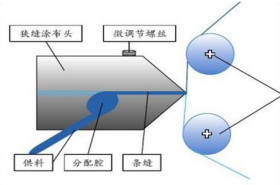
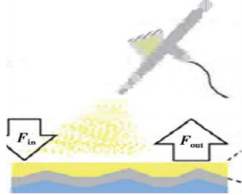
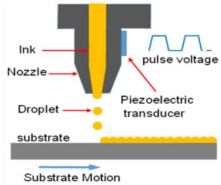


资料来源：王茹《钙钛矿太阳能电池及其空穴传输研究综述》，梁英《钙钛矿太阳能电池中 NiOx 空穴传输层的研究进展》，宋京华《钙钛矿太阳能电池大面积组件制备的研究进展》，牛国盛《杂化钙钛矿太阳能电池中缺陷与界面钝化层的研究进展》，民生证券研究院

2.5

溶液涂布（湿法）主要技术路线对比分析

图表：溶液涂布主要技术路线对比分析

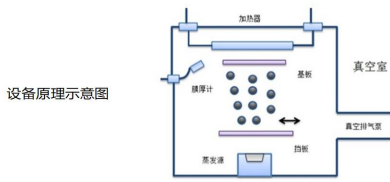
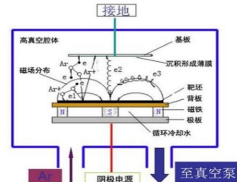
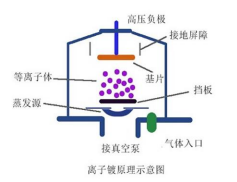
	刮刀涂布	狭缝涂布	喷涂法	喷墨打印
设备原理图				
优点	表面平整，可适用高固量（50%-65%）涂料，成膜质量高，工艺稳定，可大面积制备，生产速度快。	膜厚一致性好，原料利用率高，液膜厚度范围薄且更为精确，可重复性高，对基底平整度要求一般，可大面积制备，溶液粘度范围大，速度快。	可大面积制备；超声喷涂具有涂层均匀度高、原料利用率高、涂层厚度控制精度高、涂层厚度更薄、飞溅少、喷头不堵塞、维护成本低等优点；电喷方式液剂的使用效率高，液体可精准附于基材。	可大面积制备；无需制版（掩膜），省去了制版花费的时间及成本；可通过 CAD 数据生成图样；支持微少量、精密图样涂布；对基材容忍度高。
缺点	膜厚一致性一般，刮刀损耗大，溶液粘度要求高，原料利用率较低，对基底平整度要求高，可重复性一般，连续时间短。	设备成本高；对操作人员技术知识要求高；安装和操作要求高；涂布头精度高；维护成本高。	喷涂到载体上的颗粒大小、高度和均匀度相对难以把控；需要额外外掩膜版；空气喷涂中的涂液飞溅较多，容易发生材料损耗。	部分材料浪费；传统喷墨面临喷嘴堵塞问题；可实现多喷头同时打印，但是薄膜结晶速率难以把握。
适用场景	短时间生产，对于膜层要求一般。	膜层薄、一致性要求高，可连续生产。	较大面积制备，可根据精度、均匀度需要选择不同喷涂方式。	对精度要求高，图样丰富。

资料来源：杨志春《大面积钙钛矿薄膜制备技术的研究进展》，基恩士中国官方网站，民生证券研究院

2.5

真空蒸镀（干法）主要技术路线对比分析

图表：真空蒸镀主要技术路线对比分析

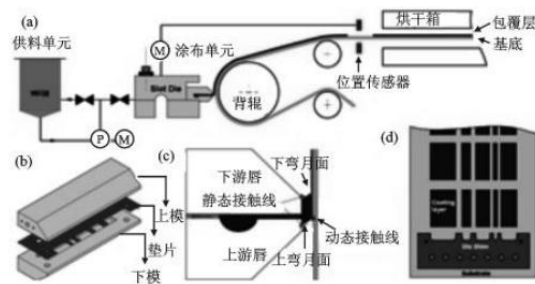
	蒸发镀膜	溅射镀膜	离子镀膜
设备原理示意图			
优势	设备简单，易于操作。成膜速率快，效率高。	大面积均匀性好，膜层密度、纯度较高，针孔少，膜厚可控性强，工艺重复性好。可镀覆材料广泛。	薄膜损伤小，镀层附着力强，绕镀性好，能在形状复杂的零件表面镀膜。沉积速率高，成膜速度快。
劣势	真空度要求高，薄膜附着力较弱，工艺重复性一般，容器内壁易受污染	高能粒子能量高，轰击力度大，造成薄膜损伤。设备结构复杂，靶材利用率低。	设备成本高。膜厚精确控制难，膜与集电极间存在较宽过渡界面，较易形成空穴和空核。基板必须是导电材料。
适用场景	对生产速度、设备成本要求高，但不太追求膜密度、附着力、基板面积的场景。靶材蒸发温度通常低于 2000℃，沸点太高不适合蒸镀。靶材化学性质稳定，受热不易分解。	对薄膜面积、平整度、纯度、附着力要求高，注重工艺重复性，但不太追求靶材利用率场景。	对膜密度、附着力、晶粒大小要求高，待镀器件表面复杂（存在凹槽、窄缝或内孔），能承受较高设备成本的场景。
工艺难点	蒸发源的加热性能、对蒸发速率的控制能力对薄膜厚度、均匀度影响大。	对基底造成损伤。靶材利用率低。难以处理多材料组分精密可控溅射。	电弧离子镀的可镀区域相对较小；磁控溅射离子镀的偏流密度有待提高。

资料来源：阿石创招股说明书，奥来德招股说明书，振华科技官网，民生证券研究院

2.5 狭缝涂布设备结构及核心零部件

- 设备：**狭缝涂布设备主要由收-放卷系统、涂布系统、烘干系统几个部分组成。涂布系统主要包括供料单元和涂布单元，供料单元包括储料罐、输送泵、过滤装置等；涂布单元主要由控制涂布间隙的阀门系统、压力控制系统以及涂布头组成。涂布头由三部分组成：上模（updie）、下模（downdie）以及安装在上模和下模之间的薄垫片。涂布过程，在压力作用下，涂液从上、下模之间的缝隙挤出，与移动的基材之间形成液珠并转移到基材表面，形成湿膜；液珠的形成是成膜的关键，液珠的关键参数包括：上、下弯月面的形成及其位置，静态接触线和动态接触线的位置。横向间隙主要由阀门控制，而涂布（Machine Direction）方向的间隙由垫片（Shim）控制。
- 核心零部件：**由于狭缝涂布技术对涂布头的模具精度要求极高，因此所用涂布头模具大多以进口为主。根据涂布头调整方式，分为固定式和可调式。固定式模具是通过调整涂布间隙（唇口与背辊之间间隙）来调整涂布重量的均匀性；可调式是通过调整上下唇口间缝隙来调整重量均匀性。条纹涂布一般均通过垫片形状实现。上海德沪的刀头、泵、控制系统等核心零部件还是要外采（软件自研），日本德国比较领先。

图表：典型的狭缝涂布设备



资料来源：迟彩霞《狭缝式涂布技术的研究进展》，民生证券研究院

2.5 狭缝涂布设备主要企业及市场竞争情况

- 公司格局：以狭缝涂布设备为代表的精密涂布设备中，国外涂布设备厂商在技术上占有领先优势，如美国nTact、日本东丽工程和韩国三兴机械等，国内精密涂布设备以国外进口为主。但近年来国产化替代进程加速，尤其是在需求庞大、发展迭代速度较快的新能源电池产业，国内设备针对我国电池生产的工艺特点而研发制造，适应性强，性价比优势明显，已有国内公司突破国外厂商的垄断。如在我国已建和在建的500MW钙钛矿电池试量产线的涂膜设备供货中，德沪涂膜狭缝涂布设备0.6m×1.2m和1m×2m供货达350MW，市占率70%，而日本头部厂商作为唯一竞争对手，供货150MW，占30%。国内涂布设备供应商正在逐步打破高端技术被日、韩、欧、美垄断的局面。

图表：狭缝涂布设备主要企业情况介绍

公司	所属国家	设备产品	公司介绍
德沪涂膜	中国	狭缝涂布设备	德沪涂膜狭缝涂布设备已供货大面积钙钛矿产线达 350MW，市占率 70%；在诸如平板显示（包括 LCD、OLED、柔性显示等）、光伏面板（如 CIGS、CdTe、OPV 等）、固态照明（OLED 和 LED）、各种如 FRID、聚合物电池、传感器等有机印刷电子应用领域，狭缝涂布系统和 技术能实现高效、高性能无旋涂布
众能光电	中国	刮涂/涂布一体机	众能光电已对外销售刮涂/涂布一体机、磁控溅射、热蒸发镀膜、ALD 和激光刻蚀机等工艺单机以及光伏组件整线近 100 台套
大正微纳	中国	狭缝涂布设备	公司拥有 DieGate 狭缝涂布机 mini 系列等狭缝涂布设备
科晶智达	中国	狭缝挤出式涂覆设备	公司经过十多年的积累，产品应用涵盖了石墨烯材料、先进陶瓷、先进纳米材料、锂离子电池、超级电容器、燃料电池、固态电池、钙钛矿太阳能电池、功能薄膜等方向
浩能科技	中国	涂辊分设备，包括高速双层挤压涂布机、双面隔膜涂布机等	浩能科技发布了一款自主研发的新型高速宽幅双层挤压式涂布机，拥有大量专利认证。在生产线上与日韩进口设备的 PK 中，该款新型涂布机以 120m/min 的速度超越了日韩 80m/min 的速度，实现了国产涂布机的逆袭。
雅康	中国	双层挤压涂布机，高速狭缝式挤压涂布机等	雅康专注锂电设备，铸就了涂布机、辊压机、分条机、制片机、卷绕机等具有国际品质、本土价格的系列化产品
日本东丽	日本	涂布机	-
三兴机械	韩国	光学薄膜涂布机、狭缝涂布机	-
nTact	美国	狭缝涂膜设备	长期深耕钙钛矿行业，是全球领先的钙钛矿涂膜设备企业。nTact 是全球最早聚焦发现和解决大面积和 Si-Tandem 钙钛矿涂膜遇到的技术挑战的精密涂膜设备公司，在美国、英国、德国、日本、韩国和中国都有客户，与德沪涂膜是商业合作伙伴

资料来源：各公司官网，民生证券研究院

2.5 蒸镀设备结构及核心零部件

- 设备：蒸发镀膜设备由真空抽气系统、真空腔体及其他外围设备组成。真空抽气系统由高真空泵、低真空泵、排气管道和阀门等组成；真空腔体内配置有蒸发源、加热装置、放置基板等部件。
- 核心零部件：真空泵、蒸发源，以及针对不同靶材相应参数的设置。
- 应用场景：蒸发镀膜设备在光学薄膜、光伏电池、集成电路、信息显示、建筑玻璃等众多领域有广泛应用。

图表：蒸镀设备结构示意图



资料来源：汇成真空招股书，民生证券研究院

图表：蒸镀技术主要应用领域

应用领域	具体应用
电子元器件	蒸发镀膜设备在电子管以及传感器领域的应用：电子管的光电导面、导电膜和电极，用于超算的约瑟夫器件的约瑟夫组合、绝缘膜和电极，计算机存储器中的磁泡传感器、磁盘传感器等均可采用蒸发工艺成膜。
光学元器件	蒸发镀膜通常用于镀膜光学元件和眼科镜片。蒸镀多层以改善镜片的性能。其中包括抗反射层、硬涂层、红外线或紫外线防护、防晒和镜面涂层。真空蒸镀在光通信、激光器件、光学传感、车载镜头、智能手机、安防监控等领域应用广泛。
平板显示	蒸镀法在平板显示领域的应用主要是液晶显示器（LCD）、等离子显示器（PDP）、有机发光二极管显示器（OLED）、触控（TP）显示等器件的各类功能薄膜的制备。
集成电路	真空蒸镀法可实现大规模集成电路快速金属薄膜沉积，常用于制备金属导线、金属化合物薄膜、籽晶层、阻挡层、硬掩模、焊盘等结构。
光伏发电	蒸镀法广泛应用于光伏电池的薄膜制备。钙钛矿层、HTL 空穴传输层、电极层均能使用蒸镀法生产。
建筑玻璃	建筑玻璃领域，low-e 玻璃、阳光控制膜、低辐射玻璃、防雾防露自清洁玻璃的功能薄膜均可使用蒸镀法生产。

资料来源：各公司官网，民生证券研究院

2.5

蒸镀设备主要企业及市场竞争情况

图表：国内外部分真空镀膜设备厂商

公司名称	设备类型	应用场景	相关业务
应用材料	真空镀膜设备	半导体、显示器	主要向半导体、显示器及相关行业提供制造设备、服务和软件，在半导体领域的主要产品为芯片制造领域的各种制造设备。
日本光触株式会社	真空镀膜设备	半导体、显示器、光通信	主要从事光学薄膜设备及其相关零部件的制造和销售，产品广泛应用于 LED 显示、光通信、半导体、消费电子等领域。
德国莱宝	真空镀膜设备	半导体、光伏、医疗器械	主要从事真空泵、真空系统、以及包括真空镀膜设备在内的真空应用设备的制造和销售，该公司产品目前主要为光学、光伏、半导体、医疗器械等。
冯·阿登纳	真空镀膜设备	光伏、显示屏	主要产品为玻璃、晶片、金属带和聚合物薄膜等材料上的真空镀膜开发和生产工业设备，应用于太阳能电站建筑玻璃、智能手机和触摸屏的显示屏等领域。
爱发科	真空镀膜设备	半导体、显示器、光伏	主要从事真空机械系统、真空应用等业务等立品主要应用在能源、环保、运输、医药、食品、化工、生物工程等领域。
晟成光电	团簇型多腔式蒸镀设备	光伏	晟成光伏的团簇型多腔式蒸镀设备，具备完全自主知识产权，设备整体配置上料腔、传输腔及工艺腔，传输腔内配置有自主开发的真空机械手臂，用于实现各腔室间的基材传输，工艺腔可蒸镀多样性的钙钛矿材料。目前 PVD 镀膜设备占钙钛矿整线的价值比例大概在 50%左右。目前主要开发的设备还有真空干燥设备和前段的清洗设备。
捷佳伟创	立式反应式等离子体镀膜设备	光伏	捷佳伟创在获得某央企研究院的钙钛矿低温低损镀膜真空沉积设备订单，以及某国家科学院的反应式等离子体镀膜设备订单后，自主研发的钙钛矿共蒸法真空镀膜设备也顺利的再次取得订单，公司成功中标了某全球头部光伏企业的钙钛矿电池蒸镀设备项目。

- 市场格局：高端真空镀膜设备市场主要被应用材料、爱发科、德国莱宝等资金实力雄厚、技术水平领先、产业经验丰富的跨国公司所占领。近年来，随着我国真空镀膜设备制造业的发展，镀膜设备制造行业上下游相关行业不断发展壮大，更多技术先进的本土企业进入真空镀膜行业。

图表：国内外部分真空镀膜设备厂商（续）

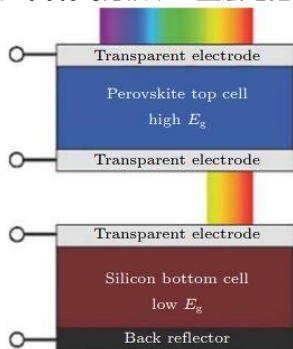
欣安华	Inline 钙钛矿真空镀膜机	光伏	合肥欣安华研发钙钛矿太阳能电池生产的关键量产设备 Inline 钙钛矿真空镀膜机已交付国内钙钛矿产业知名公司投入生产。
奥来德	线蒸镀源设备 钙钛矿蒸镀设备	光伏、显示器	OLED 有机材料与应用部件龙头奥来德公告使用超募资金投资建设钙钛矿结构型太阳能电池蒸镀设备的开发项目，投资额 2900 万元。
泰科诺	真空镀膜设备	光通信、光伏	主要研发设计生产蒸发镀膜机、磁控溅射镀膜机、多功能复合镀膜机、粉体镀膜设备、高真空应用炉等设备。
四通科技	真空镀膜设备	半导体、光学器件	从事复合集成流体 PVD 镀膜设备研发、销售真空镀膜设备、光学镀膜设备、卷绕镀膜设备、连续式磁控溅射镀膜设备、半导体 PVD 设备等真空应用解决方案的国家高新技术企业。
汇成真空	真空镀膜设备	半导体、光伏	研发、生产和销售各类光学镀膜设备、功能性薄膜涂层设备、装饰涂层设备、卷绕镀膜设备、汽车零部件镀膜设备、连续式磁控溅射镀膜生产线、超高真空系统等真空设备、半导体设备、电子生产设备、光电设备、光伏设备、动力电池设备及产品相关配件的国家高新技术企业。
宏大真空	真空镀膜设备	光伏、显示器、建筑玻璃	集研发、设计、生产、销售于一体的专业从事真空镀膜设备制造的企业，在国内高端真空镀膜设备领域的市场占有主导地位。

资料来源：各公司公告、年报、招股书，民生证券研究院整理

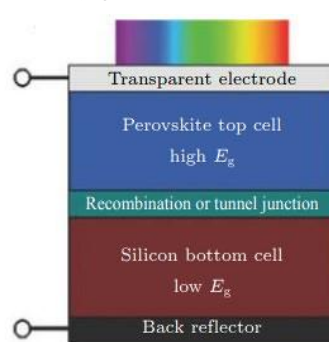
2.5 钙钛矿叠层电池及其当前难点

- 叠层的技术方向主要分为两类，钙钛矿/晶硅叠层电池、钙钛矿/钙钛矿叠层电池。对于钙钛矿/晶硅叠层电池，钙钛矿可以与 HJT、Topcon 等晶硅电池组成叠层电池。简单来说，是指将钙钛矿电池串联在晶硅电池表面。钙钛矿/硅串联太阳电池结合了晶硅、薄膜电池的优点，通过组合的优势，拓宽了吸收光谱，获得比单纯晶硅电池或钙钛矿电池更高的光电转化效率。EcoMat 研究表明钙钛矿/硅串联太阳电池的理论效率极限为46%，远高于传统晶硅电池；而根据NREL统计的最新实验室数据，钙钛矿/晶硅叠层转化效率快速提升，明显超过单晶硅电池。常见的配置方法有二端叠层（2T）与四端叠层（4T）。
- 钙钛矿/晶硅叠层电池目前的难点在于控制量产成本。**一方面，目前实验室高效率基本上基于完全抛光、精密的硅底电池，成本较高，量产上难以接受。另一方面，如果采用异质结电池作为硅底电池，利用其上下金字塔形状制绒，虽然硅底的成本降低，但是钙钛矿层的制备难度却增加。

图表：四端式钙钛矿硅叠层电池结构图



图表：二端式钙钛矿硅叠层电池结构图

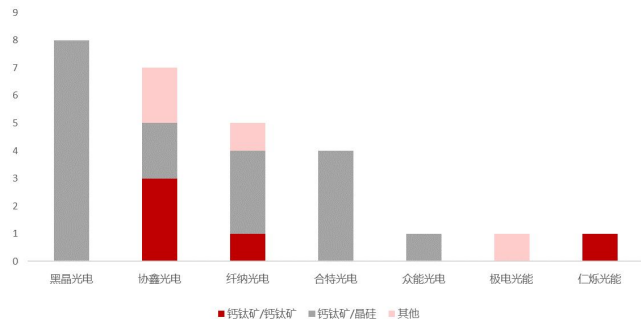


资料来源：王其《钙钛矿硅异质结叠层太阳能电池光学模拟的研究进展》，民生证券研究院

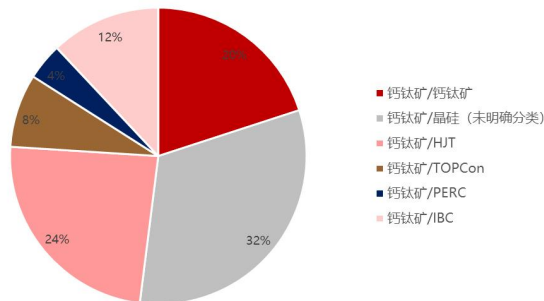
2.5 钙钛矿电池厂商专利布局情况

- 从叠层电池种类来看，目前钙钛矿/晶硅叠层电池的专利数更多，许多钙钛矿电池厂商持有相关专利，如黑晶光电、协鑫光电、纤纳光电、合特光电、众能光电等。全钙钛矿叠层电池的专利数并不多，目前仅有协鑫光电、纤纳光电和仁烁光能持有全钙钛矿叠层电池专利。从叠层电池专利占比来看，钙钛矿/晶硅叠层占比较大，其中，钙钛矿/HJT叠层电池的专利数较多，其次是钙钛矿/钙钛矿叠层电池。从专利整体布局来看，目前产业端对于全钙钛矿叠层电池和钙钛矿/HJT叠层电池的关注度更高。

图表：截至2023年2月钙钛矿电池厂商叠层电池专利（个）



图表：截至2023年2月各叠层电池专利数占比（%）



资料来源：爱企查，民生证券研究院

2.5 钙钛矿行业近期动态汇总

图表：钙钛矿电池公司近期动态

公司	时间	相关新闻
光晶能源	2022年11月25日	光晶能源研制出独家钙钛矿墨水配方。通过调制钙钛矿墨水配方，涂覆过程中并不会生成钙钛矿晶体。在生成结构紧密的膜后，再退火过程中再通过反应使其生成致密的钙钛矿晶体，因此可以避免干燥过程中钙钛矿晶体无序生长的痛点。同时，该墨水技术可以实现 连续狭缝涂布 ，大幅提升生产效率。
脉络能源	2022年11月19日	团队通过原位生成核壳结构钝化界面缺陷、特殊添加剂配方抑制晶体不可逆降解等方式以增强材料稳定性；通过 连续性狭缝涂布印刷 、预结晶控制等工艺和特殊的背电极材料等降低生产成本
纤纳光电	2022年5月20日	纤纳光电钙钛矿α组件全球首发，该组件采用纤纳独立开发的 溶液打印 技术，具有功率高、稳定性好、温度系数低、热斑效应小、不易隐裂等特性，可进行12年产品材料与工艺质保，25年线性功率输出质保。
协鑫光电	2021年12月7日	第三届(2021)全球钙钛矿与叠层电池产业化论坛在江苏昆山圆满落幕。昆山协鑫光电有限公司总经理范斌博士在介绍协鑫全球首条100MW钙钛矿电池生产线建设进展时，展示并认可上海德沪涂膜设备有限公司向协鑫供应的全球首套钙钛矿电池制造核心涂膜设备系统，范博士指出：我们选择 狭缝涂布工艺 来制造钙钛矿层并不是因为湿法便宜，而是因为效果好。
	2023年11月23日	1m x 2m钙钛矿单结组件效率达到 18.04%
	2023年11月30日	钙钛矿叠层组件@279mm×370mm效率跨越 26%
万度光能	2021年6月8日	由湖北万度光能有限责任公司总投资60亿元的 万度光能可印刷介观钙钛矿 太阳能电池生产基地项目正式签约落户葛店开发区。
无限光能	2022年12月27日	公司联合创始人兼首席科学家、清华大学电机系易陈道团队提出了一种可重复蒸发的熔盐策略，用于制备高效钙钛矿太阳能电池。该工艺显著提升了 真空气相沉积法 制备钙钛矿太阳能电池的重复性和可应用的钙钛矿材料范围。对于商业化量产来说，该方法尤为重要，它不仅极大的提高了生产良率，同时大大降低气象沉积工艺控制难度、提升了生产效率、降低了设备投资成本。
极电光能	2021年5月13日	采用了“原位固膜”技术，也叫 “干法搭骨架，湿法定结晶” 。先用真空法制作一层针孔密集的“骨架层”，再用溶液涂布来涂覆钙钛矿的前驱液，让膜层的制备在可控条件下发生，实现高质量的钙钛矿薄膜面积连续放大。
	2023年11月27日	1.2x0.6m ² 商用尺寸钙钛矿组件全面效率率达到 18.2% ，对应的最大功率131.07 瓦，孔径面积（AP面积-Aperture Area）效率高达 19.55% 。为当前 商用尺寸钙钛矿组件效率的行业最高纪录 。

资料来源：各公司公告、公众号，民生证券研究院

图表：钙钛矿电池设备商近期动态

公司	时间	相关新闻
众能光电	2022年12月21日	众能光电已对外销售 刮涂/涂布一体机、磁控溅射、热蒸发镀膜、ALD和激光刻蚀 等工艺单机以及光伏组件整线近100台套；
德沪涂膜	2022年12月10日	德沪涂膜 狭缝涂布设备 已供货大面积钙钛矿产线达350MW，市占率70%
	2021年12月7日	德沪涂膜深耕 狭缝涂布设备 ，供应协鑫100MW量产线
弗斯迈	2022年10月31日	狭缝涂布设备是钙钛矿组件整线解决方案中必不可少的环节，弗斯迈研发团队将花更多的精力来研究 狭缝涂布设备 ，提高工艺的成熟度，为设备的产业化做努力。
	2022年10月25日	钙钛矿电池制备流程的 涂布设备、PVD设备 等，弗斯迈都在接力研发中。
合肥欣奕华	2022年11月7日	合肥欣奕华研发的用于钙钛矿太阳能电池生产的关键量产设备 inline钙钛矿真空镀膜机 已交付国内钙钛矿产业知名公司投入生产。
晟成光伏	2022年8月10日	华中科技大学微纳中心陈蓉教授团队与苏州晟成光伏设备有限公司在苏州签订技术战略合作协议。双方本着“长期合作，互利共赢，强有力联合发展”的原则，在 光伏原子镀膜技术 合作上建立长期深层次的全面战略合作伙伴关系，进行 光伏原子镀膜技术开发 ，将新型镀膜技术应用至光伏市场，共同推进光伏核心装备制造国产化进程。
	2022年6月	6月，京山轻机(000821.SZ)子公司晟成光伏 团簇型多腔式蒸镀设备 应用于多个客户端。据介绍，晟成光伏称公司团簇型多腔式蒸镀设备，具备完全自主知识产权，是用于钙钛矿电池制备过程中钙钛矿材料及金属电极材料的蒸镀设备。
	2022年10月	在获得某央企研究院的钙钛矿低温低损薄膜真空沉积设备订单，以及某国家科学院的反应式等离子镀膜设备订单后，捷佳伟创自主研发的 钙钛矿共蒸法真空镀膜设备 也顺利的再次取得订单，公司成功中标了某全球头部光伏企业的钙钛矿电池蒸镀设备项目。
捷佳伟创	2022年7月10日	7月10日，捷佳伟创迎来首套量产型钙钛矿电池核心装备出货，该公司代表最新前沿技术钙钛矿太阳能电池生产的关键量产设备 “立式反应式等离子镀膜设备”（RPD） 通过厂内验收，将发运给客户投入生产，客户为专业从事钙钛矿产业化技术开发的企业。

2.5 重点标的：京山轻机

- **公司是一家**以高端装备为核心业务的集团公司，公司的产品和服务主要应用于**光伏、瓦楞包装**等多个行业和领域，光伏装备业务和包装装备业务为公司核心主板块，公司致力于成为全球领先的智能制造整体解决方案服务商。光伏板块对应的业务主体为全资子公司晟成光伏，包装板块对应的业务主体为上市公司母公司。
- **光伏智能装备业务是公司的核心主业，收入占比约七成，是公司发展的重要驱动力。**2022 年，在碳达峰碳中和目标引领和全球清洁能源加速应用背景下，光伏行业景气度整体维持在较高水平。公司紧抓行业发展趋势，坚持技术创新，积极开拓市场，经营业绩再创历史新高。稳步推进电池工艺设备的研发，不断优化和完善产品矩阵，推进钙钛矿、HJT、TOPcon 等技术路线新产品落地和量产，打开新的市场空间;不断进行设备自动化的升级，进一步提升产线效率，降低单位投入成本。
- **包装装备业务，短期承压，长期向好。**京山轻机作为老牌的瓦楞包装装备企业，进入瓦楞包装行业数十年来，穿越了数次行业周期，在激烈的市场竞争和行业的起伏中始终保持稳健发展。在产品技术方面，完善产品结构，实现技术升级，在业内率先推出追色方案，解决色差问题。
- **投资建议：基于公司积极布局光伏装备领域新技术，包装装备业务发展稳定。我们预测公司2023-2025年归母净利润分别为4.20/5.86/7.38亿元，同比增长率分别为40.0% /39.1% /25.9%，对应PE分别为21/15/12倍，维持“推荐”评级。**
- **风险提示：宏观经济波动风险、新产品市场不及预期风险、市场竞争加剧风险**

图表：京山轻机盈利预测与估值

项目/年度	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入（百万元）	4,868	6,293	7,617	9,266
增长率（%）	19.1	29.3	21.0	21.7
归属母公司股东净利润（百万元）	302	420	586	738
增长率（%）	107.0	40.0	39.1	25.9
每股收益（元）	0.48	0.68	0.94	1.19
PE	30	21	15	12
PB	2.7	2.4	2.1	1.8

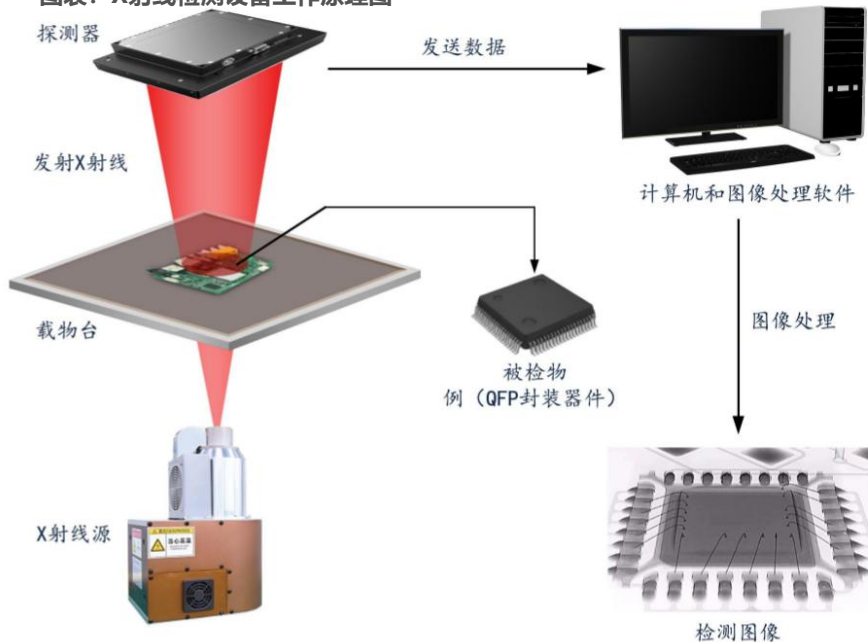
资料来源：wind，民生证券研究院预测；（注：股价为2023年12月14日收盘价）；

2.6 X光检测设备

2.6 X射线检测设备

- X射线智能检测设备是利用X射线对物体的穿透、差别吸收、感光及荧光作用，将物体各部分的密度分布信息投射到X射线采集和成像装置上，形成相应的影像，从而观察物体内部构造和情况。X射线智能检测设备的构造包括X射线发生装置、X射线探测装置和机架等。
- X射线智能检测系统可广泛的应用于医疗健康、工业无损检测和安防等领域。在医疗领域，数字化X射线影像系统根据应用场景的不同可分为普放数字化X射线影像系统、乳腺系统、诊断影像系统（包括C型臂、DSA、DRF、口腔CBCT等）、放疗设备、宠物医疗诊断等；在工业无损检测领域，X射线智能检测设备主要应用于集成电路及电子制造、新能源电池、铸件焊件及材料检测、公共安全及其他（如食品安全等）等领域。
- 目前，数字化X射线影像系统的应用仍以医疗领域为主，根据Yole统计，2018年全球数字化X射线影像系统在医疗领域的应用占比达到76%。

图表：X射线检测设备工作原理图



资料来源：日联科技招股说明书，民生证券研究院

2.6 X射线检测设备产业链关键是X射线源与探测器

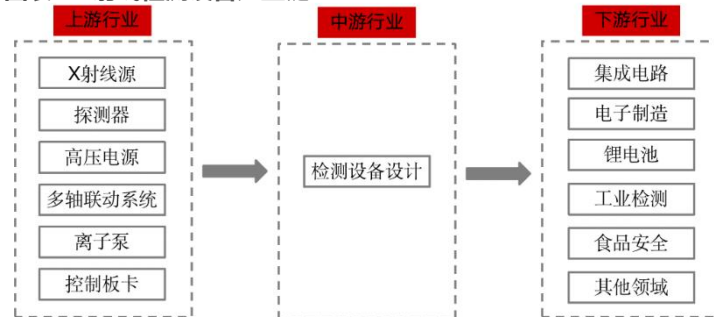
- X射线源是产生和发射X射线的装置，分为微焦点射线源、大功率射线源、普通射线源，其中以微焦点射线源技术壁垒最高，代表行业最高研发水平。中国微焦点射线源市场一直以来被日本滨松和美国ThermoFisher两家公司所垄断，2021年两者在中国的市场份额合计近85%。滨松和ThermoFisher能够提供90kV，110kV，130kV，150kV及其以上的全系列微焦点射线源。日联科技已开发出了市场亟需的90kV和130kV产品，已批量应用于集成电路封测、电子制造SMT/PCB/PCBA、新能源电池等领域，未来有望持续进行国产化替代。探测器竞争企业包括国外的万瑞视、Trixiell、佳能、Vieworks、Rayence，中国企业有康众、奕瑞科技。中国企业通过逐步掌握X射线设备的核心零部件，推动了中国X射线检测设备的创新能力的持续提升。

图表：X射线源种类及竞争企业

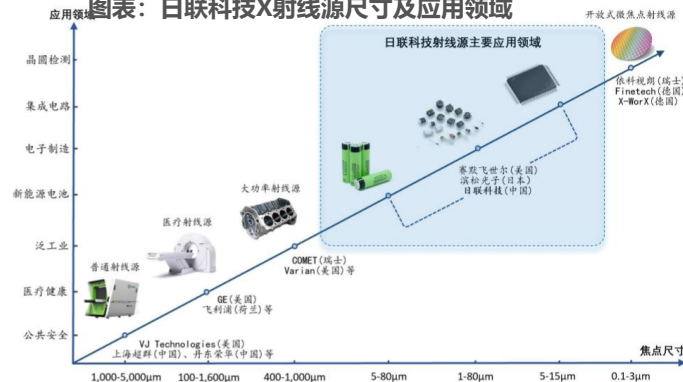
X射线源分类	开管微焦点源	闭管微焦点源	大功率射线源	普通射线源
主要竞争企业	依科视朗 YXLON Finetech X-WorX	日联科技 滨松光子 HAMAMATSU 赛默飞世尔 ThermoFisher SCIENTIFIC	COMET Varian VJ Tech	上海超群 SANDT 丹东荣华

资料来源：日联科技招股说明书，民生证券研究院

图表：X射线检测设备产业链



图表：日联科技X射线源尺寸及应用领域



资料来源：日联科技招股说明书，民生证券研究院

2.6 X射线检测设备应用领域及技术特点

图表：X射线检测设备下游应用领域及技术特点

应用领域	主要技术参数		封装形式	技术特点	应用具体工艺环节
	X射线源焦点	电压及输出功率			
集成电路	焦点尺寸: 0.1-15um	输出管电压:<160kV 输出功率: <80W	封闭管 / 开放管	射线源的焦点尺寸非常小,可以实现纳米级别精度检测;绝大多数集成电路检测设备使用开放管射线源,实现高精度检测,但维护成本较高	晶圆切割检测、集成电路封装检测等
电子制造	焦点尺寸: 1-80um	输出管电压:S300kV 输出功率: <500W	封闭管 / 开放管	两种封装形式的射线源焦点尺寸均较小,检测精度高 射线源FOD小,可实现高几何放大倍率的检测	PCBA焊接质量检测、SMT质量检测、汽车电子配件X射线检测
新能源电池	焦点尺寸: 5-80um	输出管电压:<150kV 输出功率: <75W	封闭管	射线源焦点尺寸小,检测精度高,绝大多数检测场景是在线式检测3C类电池所需射线源管电压90~110kV,动力类电池所需射线源管电压130~150kV	动力类电池X射线检测、3C类 电池X射线检测设备、储能电池 检测等
铸件焊件及材料	焦点尺寸: 400-1,000um	输出能量: <450kV 输出功率: S4,500W	封闭管 / 开放管	电压高,可穿透高密度检测物;绝大多数金属铸件使用的封闭管射线源焦点尺寸大,无法进行精密检测;开放管射线源可在高电压下实现高精度检测,但维护成本较高	铸件X射线检测、焊件X射线检测、材料X射线检测
公共安全	焦点尺寸: 1,000-5,000um	最大管电压:<450kV 最大输出功率: <4,500W	封闭管	电压高,穿透力强;需长时间连续出束;焦点尺寸大,无法进行精密检测	快递物流安检, 地铁、客运站、机场安检,高速公路、公安检查 站、监狱汽车物流园区、司法 监狱等场景的整车检测

资料来源：日联科技招股说明书，民生证券研究院

2.6 X射线检测设备产业链及竞争企业

- X射线检测设备上游零部件主要包括X射线源、探测器、高压电源、多轴联动系统等，竞争企业包括提供开管微焦点射线源的Yxlon、Finetech、X-WorX；提供闭管微焦点射线源的滨松、ThermoFisher、日联；提供大功率焦点源的COMET、Varian、VJ Technologies；提供普通焦点源的上海超群、丹东荣华；提供探测器的东芝、THALES、Varian、滨松、Rayence、奕瑞、康众；为开管微焦点射线源提供高压电源的Gulmay、Spellman、COMET。
- X射线检测设备中游为设备的设计、检测算法、系统集成和制造环节，涉及到成像系统、扫描系统等的设计、集成，竞争企业按照其下游应用领域进行分类，包括电子制造及集成电路检测领域竞争企业如Yxlon、GE、岛津、OMRON、日联、SEC、善思；电池检测领域竞争企业如正业、日联、大成、双元；铸件、焊件及压力容器检测领域竞争企业如依科视朗、蔡司、贝克休斯、日联、华日理学、丹东奥龙；异物检测领域竞争企业如：梅特利-特利多、赛默飞、安立、太易、美亚光电、多科、高晶、日联；公共安全检测领域竞争企业如Smiths、L3Harris、Rapiscan、同方威视、公安一所、天合时代。

图表：X射线检测设备产业链及竞争企业

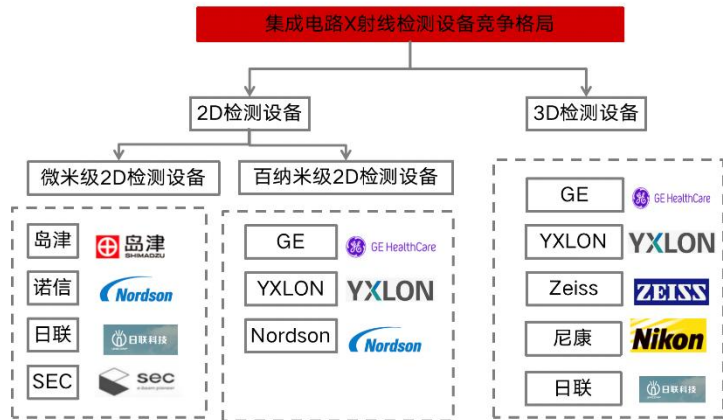


资料来源：沙利文，民生证券研究院

2.6 集成电路及电子制造领域以国外竞争企业为主

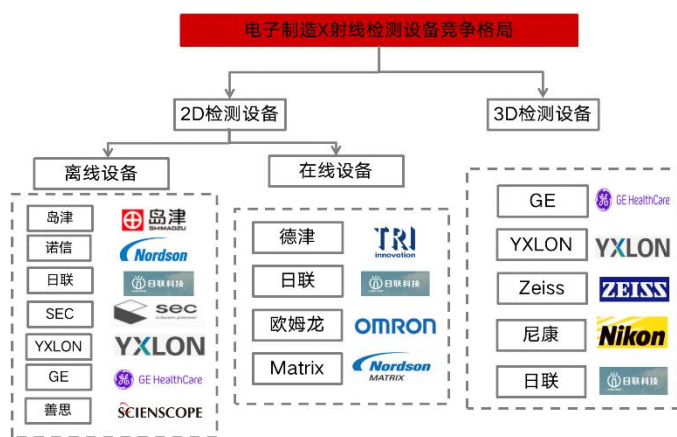
- 集成电路行业对X射线检测设备的精度要求较高，以微纳米级精度为主。在集成电路X射线检测市场竞争企业中，以国外厂商为主，且市场集中度较高。
- 由于国外企业起步早、技术经验积累深厚，相比于中国企业在技术方面存在一定的优势。根据沙利文的统计，目前中国X射线集成电路及电子制造检测设备领域有超过75%的市场被海外企业占据，尤其是在X射线高端电子制造及集成电路检测设备领域。在中国企业中，根据沙利文的统计，2021年日联科技以约6%的市场占比处于中国企业领先水平，包括日联科技、善思等在内的少数中国企业进入了该市场，中国市场集成电路及电子制造X射线检测设备逐步从国外垄断走向国产替代。

图表：集成电路X射线检测设备竞争格局



资料来源：沙利文，民生证券研究院

图表：电子制造X射线检测设备竞争格局

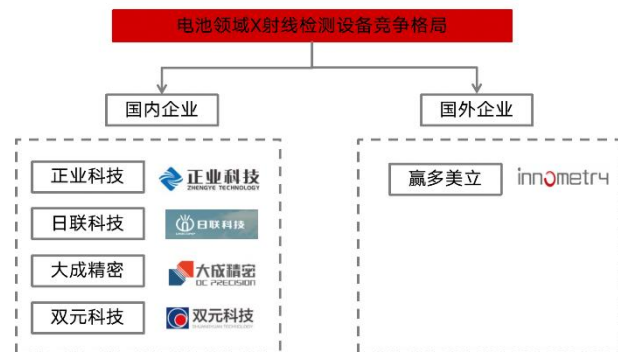


资料来源：沙利文，民生证券研究院

2.6 新能源电池检测领域中国企业市占率超90%

- 电池X射线检测设备受到下游行业集中度的影响，竞争格局较为集中；且由于设备的非标定制化需求强，近些年来电池X射线检测设备市场主要由中国企业主导，市占率超90%，包括正业科技、日联科技、双元科技、大成精密等。国外主要参与企业为赢多美立等。根据沙利文的统计，2021年正业科技市占率行业第一，日联科技在中国新能源电池X射线智能检测装备市场处于领先地位，业务规模位列中国市场第二位。
- 工业领域X射线检测设备市场参与者较多，其中国外企业处于市场主导地位，如蔡司，依科视朗、菲尼克斯等，其设备技术先进且单台设备价值高，被广泛应用于汽车、航空航天等领域。中国企业，如日联科技、华日理学、丹东奥龙较为领先，是国外企业市场地位的主要竞争者及挑战者。X射线在工业领域应用广泛，除了整体集中在航空航天、汽车零部件、压力容器等行业，在轨道交通，电力设施等领域也有广泛应用，除行业领先的头部企业外，也有众多体量较小的企业参与，但市场份额较小。工业领域X射线检测设备领先企业包括宝石隆、GE、菲尼克斯、日联科技、华日理学、丹东奥龙等企业。2021年，中国铸件、焊件及压力容器领域X射线检测设备市场规模为21.1亿元，根据沙利文的统计，国外企业占据了约60%的市场份额，中国企业整体市场占有率均较为分散。

图表：电池领域X射线检测设备竞争格局

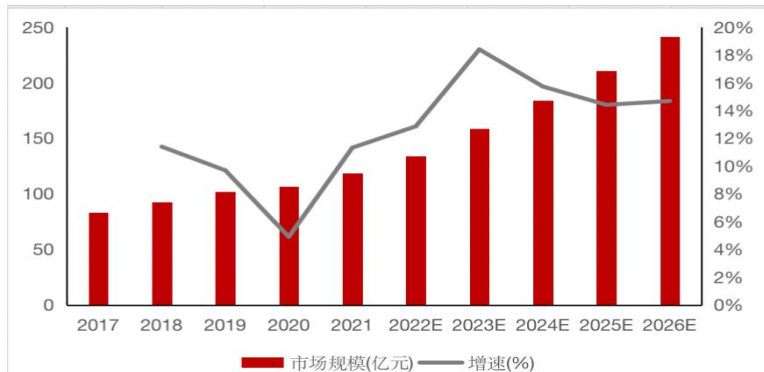


资料来源：沙利文，民生证券研究院

2.6 我国X射线检测设备市场空间2026年超240亿元

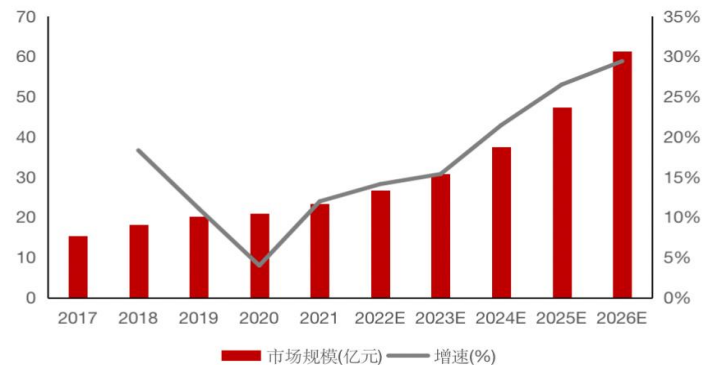
- **X射线检测设备预计2026年市场规模超240亿元**，下游可应用于集成电路及电子制造、新能源电池、铸件焊件及材料、医疗健康以及公共安全等领域。沙利文咨询显示，除医疗健康外，2021年我国X射线检测设备的市场规模约为119亿元，X射线检测设备预计在未来五年将维持高速增长的趋势，预计到2026年，我国X射线检测设备除医疗健康领域外的其他主要应用领域的市场规模为241.4亿元，未来五年的复合增长率约为15.2%。在2021年，前述三大领域市场规模占比总体约50%，预计到2026年，将接近70%。
- **集成电路及电子制造预计2026年市场规模超60亿**。根据沙利文的统计和预测，2017至2021年，中国集成电路及电子制造的市场规模从15.3亿元增长至23.4亿元，年均复合增长率为11.2%。中国集成电路及电子制造行业有望蓬勃发展，集成电路及高端电子制造厂商对X射线检测设备的需求也有望进一步扩大，到2026年，集成电路及电子制造X射线检测设备市场规模预计达到61.2亿元，2022至2026年间市场增速的年均复合增长率达到23.0%。

图表：2017-2026年中国X射线检测设备市场规模(除医疗健康领域外)



资料来源：日联科技招股说明书，民生证券研究院

图表：2017-2026中国X射线检测设备(集成电路及电子制造)市场规模

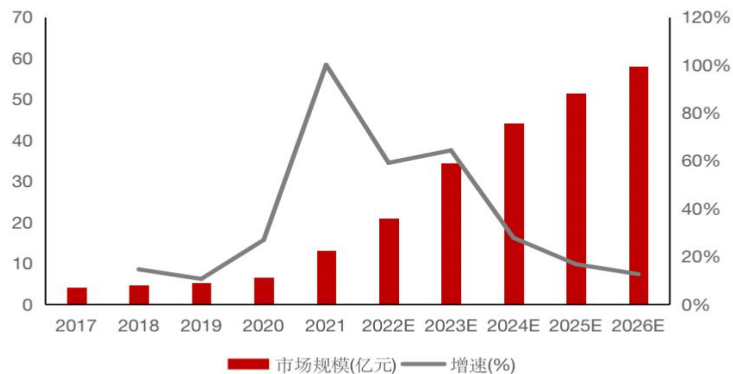


资料来源：沙利文，民生证券研究院

2.6 我国X射线检测设备市场空间2026年超240亿元

- 新能源汽车预计2026年市场规模接近60亿元。**根据沙利文的统计和预测，2021年，X射线检测设备在电池检测领域的市场规模为13.2亿元，其中中国设备占主导地位。新能源汽车和储能行业的高速增长成为电池行业X射线检测设备高速增长最主要的驱动因素。伴随着动力电池及储能企业产能的高速扩张，X射线检测设备在该领域的需求量增长迅猛，且设备技术迭代快，预计未来5年（2022年至2026年）年复合增长率将超过28.9%，预计至2026年，X射线检测设备在整体电池检测领域的市场规模将达到58.0亿元。
- 工业领域预计2026年市场规模超40亿。**根据沙利文的统计和预测，2021年，中国工业领域（铸件、焊件及材料）X射线检测设备市场规模近21.1亿元，未来相关领域X射线检测设备市场仍具备发展空间，预计2026年市场规模将超过44.2亿元，2022年到2026年年复合增长率将接近约17.0%。

图表：2017-2026中国X 射线检测设备(新能源车)市场规模



资料来源：沙利文，民生证券研究院

图表：2017-2026中国X 射线检测设备(铸件、焊件及材料)市场规模



资料来源：沙利文，民生证券研究院

2.6 奕瑞科技

- **公司核心产品为数字化 X 线探测器，是全球为数不多的、掌握全部主要核心技术的数字化 X 线探测器生产商之一。**公司是一家以全产业链技术发展为导向、技术水平与国际接轨的数字化 X 线核心部件及综合解决方案供应商，主要从事数字化 X 线探测器、高压发生器、组合式射线源、球管等新核心部件的研发、生产、销售与服务，产品广泛应用于医学诊断与治疗、工业无损检测、安全检查等领域。
- **完善产品及业务布局，打造平台化产品结构，提高公司竞争力。**公司已开始对高压发生器、球管及组合式射线源等新核心部件及 X 线综合解决方案领域进行积极布局，已形成一定技术积累和进展。相对于探测器作为影像接收处理部件，高压发生器、球管及组合式射线源作为 X 线影像光源的组成部件，也是 X 射线影像设备重要不可或缺的核心部件。
- **数字化 X 线探测器是典型的高科技产品，属于“中国制造 2025”重点发展的高科技、高性能医疗器械的核心部件。**公司量产的产品包括平板探测器和线阵探测器，并已掌握非晶硅、IGZO、CMOS 和柔性基板四大传感器技术，为公司进一步丰富产品线、服务多领域客户、提高市场竞争力与品牌影响力打下坚实的基础。

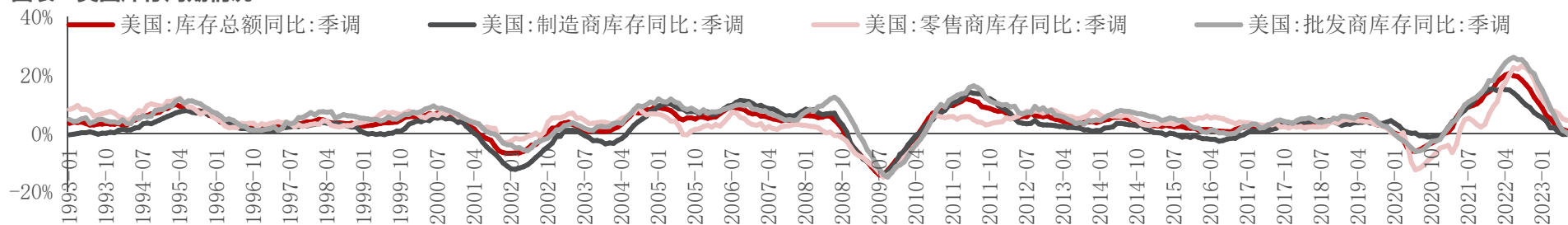
3. 总量行业

3.1 出口链

3.1 美国本轮去库已接近尾声，预计将在2024年一季度见底

- 参考美国历史前5轮周期情况，本轮去库从2022年6月开始，截止2023年11月，历时18个月，参考前5轮去库周期（剔除第4轮异常情况），本轮去库有望在2024年3月结束。截止2023年8月，美国总库存仍在去化，但制造商库存结束6-7月的同比下滑，8月开始增长，或许是积极信号，批发商库存已经转负，结束连续31个月的同比增长，9月零售商库存与总库存同比开始回升。

图表：美国库存周期情况



资料来源：wind，民生证券研究院

图表：美国前几轮库存周期情况

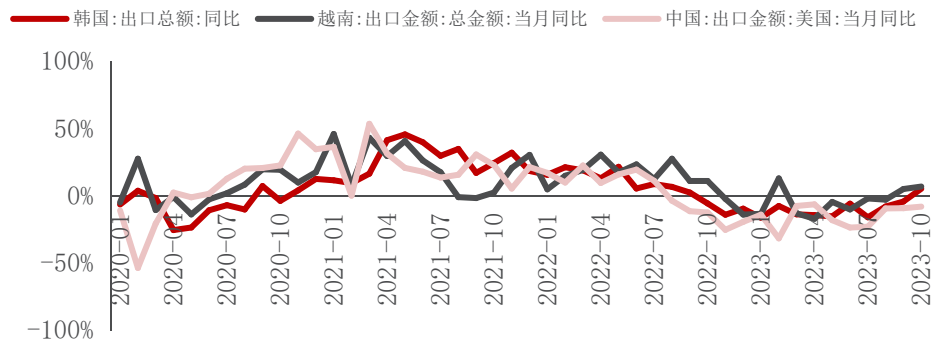
次数	开始时间	结束时间	持续时间（月）	库存顶点	补库时间（月）	去库时间（月）	补库时间	去库时间	补库阶段中国出口金额年化同比	去库阶段中国出口金额年化同比
第1轮	1994年3月	1997年1月	35	1995年4月	13	21	1994年3月-1995年4月	1995年4月-1997年1月		
第2轮	1997年1月	2002年1月	61	2000年8月	44	17	1997年1月-2000年8月	2000年8月-2002年1月	3.66%	7.71%
第3轮	2002年1月	2009年8月	92	2006年8月	56	37	2002年1月-2006年8月	2006年8月-2009年8月	6.35%	3.38%
第4轮	2009年8月	2016年10月	87	2011年5月	21	66	2009年8月-2011年5月	2011年5月-2016年10月	11.06%	0.65%
第5轮	2016年10月	2020年7月	46	2019年6月	32	13	2016年10月-2019年6月	2019年6月-2020年7月	2.15%	-1.45%
第6轮	2020年7月	2024年3月E	45	2022年6月	23	22	2020年7月-2022年6月	2022年6月-2024年3月	10.85%	
1-5轮平均时长			64		33	31				

资料来源：wind，民生证券研究院

3.1 越南/韩国出口同比触底回升，中国对美出口同比降幅收窄

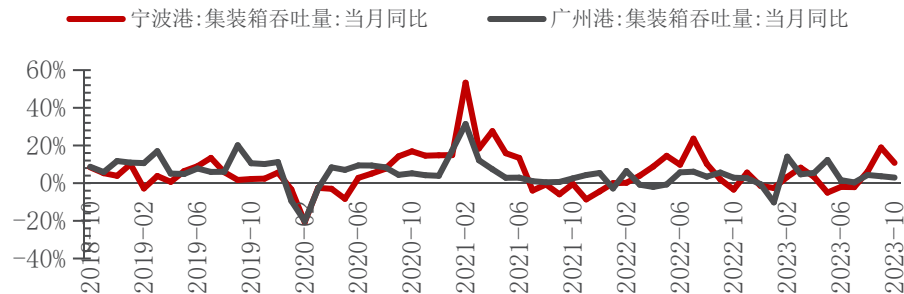
- 我们从越南/韩国出口数据以及中国对美出口数据来看：①越南，本轮下行从2022年11月开始，2023年7月开始降幅收窄，9月转正，10-11月增幅扩大；②韩国：本轮下行从2022年10月开始，2023年8月开始降幅收窄，9月降幅收窄至4.4%，10月同比增5.1%，11月同比增7.8%；③我国对美出口数据，本轮下行从2022年8月开始，2023年3-4月有明显降幅收窄迹象，后开始扩大，2023年8-10月降幅出现明显收窄，10月同比降幅收窄至8.2%。
- 从广州港跟宁波港的集装箱吞吐量当月同比数据来看：①宁波港，2023年8-9月出现明显加速趋势，9月同比增幅达18.9%，10月同比增幅达10.8%，11月同比增10%，宁波港主要覆盖浙江等长三角区域；②广州港，2023年2-5月有一波同比高增，后开始走弱，8-9月增速开始上行，10月同比增速达2.96%，11月同比增1.87%。

图表：韩国/越南出口同比情况及中国对美出口同比情况



资料来源: wind, 民生证券研究院

图表：我国广州港/宁波港集装箱吞吐量当月同比情况

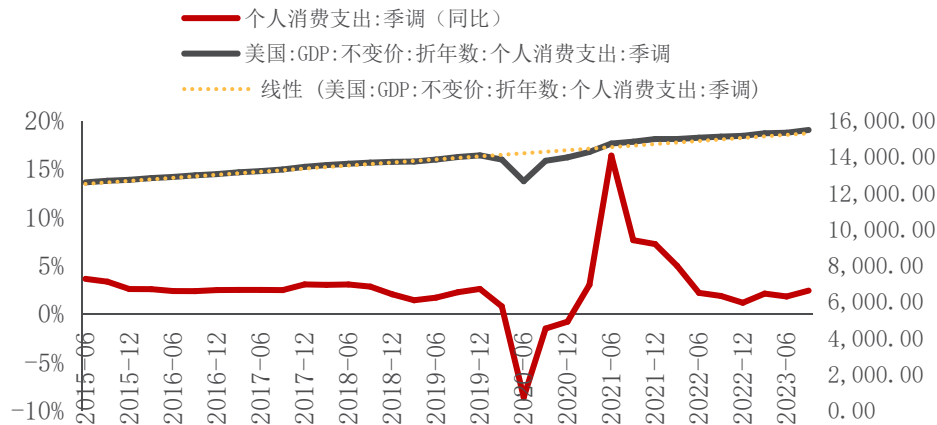


资料来源: wind, 民生证券研究院

3.1 美国非农薪酬持续提升，个人消费支出韧性强

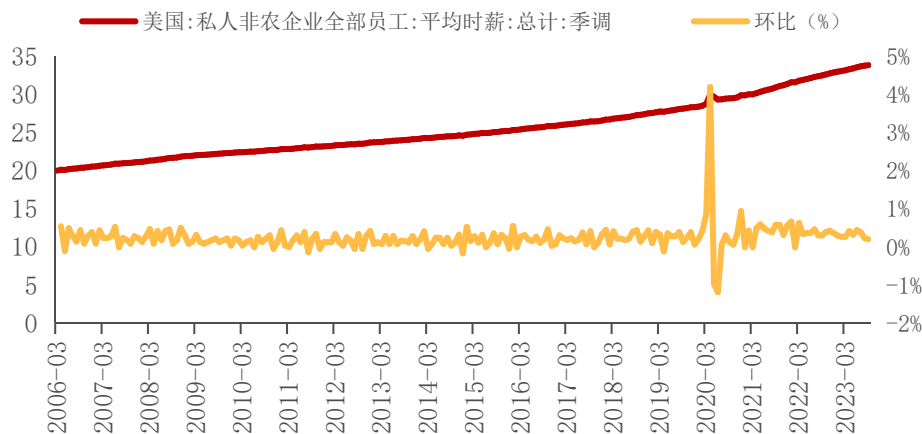
- 2020年全球疫情，美联储通过给居民发钱的方式促进消费，脉冲之后我们看到美国个人消费支出同比仅出现个别季度同比下滑后，2023年重返增长趋势，且三季度数据看增幅有所扩大，反映出美国个人消费力仍十分强劲；
- 我们从美国非农员工平均时薪来看，呈现趋势性上行，今年以来，累计上涨约3%，在美国居民就业恢复的情况下，我们预计美国个人消费支出将保持稳健增长，叠加美国消费品去库接近尾声，补库周期即将到来。

图表：美国个人消费支出（美元）同比情况



资料来源: wind, 民生证券研究院

图表：美国非农员工平均时薪(美元)及环比情况



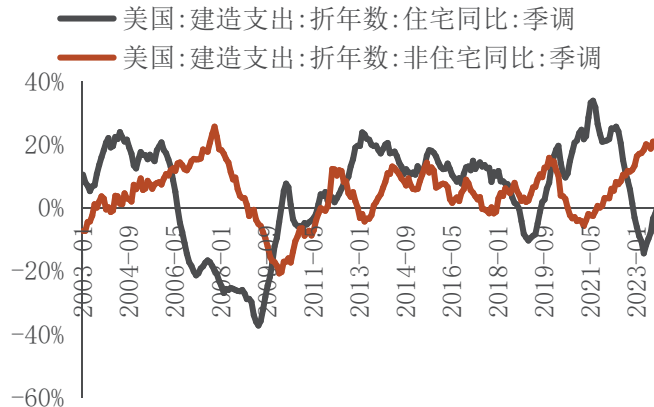
资料来源: wind, 民生证券研究院

3.1

美国住宅投资开始回升，新屋市场销售火爆

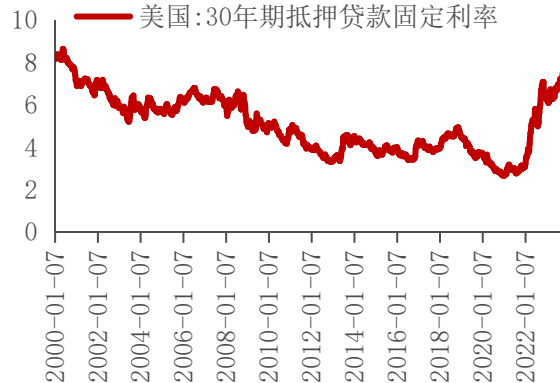
- 美国私人建造支出中，住宅投资在2022年12月转负，2023年4月降幅最大，后降幅持续收窄，2023年10月结束连续10个月的下滑，同比增0.9%；
- 目前美国居民杠杆率持续走低，降至2001年水平，意味着居民仍有较大加杠杆空间，而美国30年期长期利率高达7.29%，环比高点回落0.5pct，仍处在历史较高位置，严重抑制了成屋市场销售，预计随着美联储进入降息周期，成屋销量将显著回暖。

图表：美国私人建造支出中住宅及非住宅同比情况



资料来源：wind，民生证券研究院

图表：美国30年期抵押贷款固定利率



资料来源：wind，民生证券研究院

图表：美国居民杠杆率情况

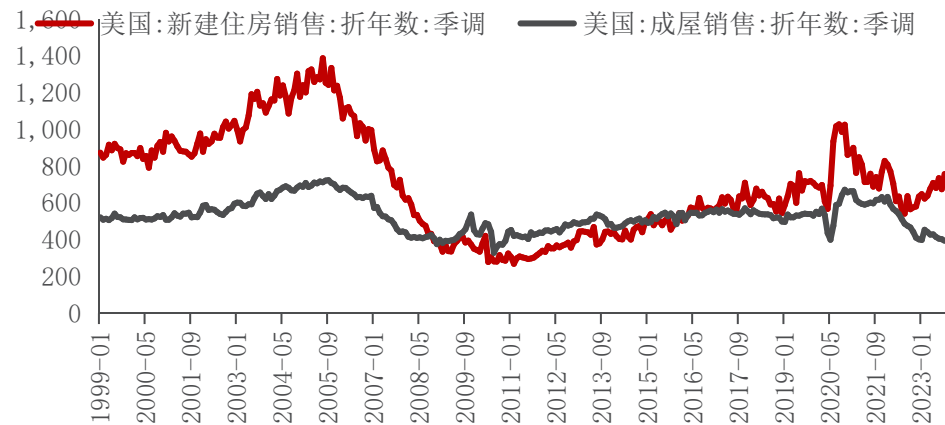


资料来源：wind，民生证券研究院

3.1 美国住宅投资开始回升，新屋市场销售火爆

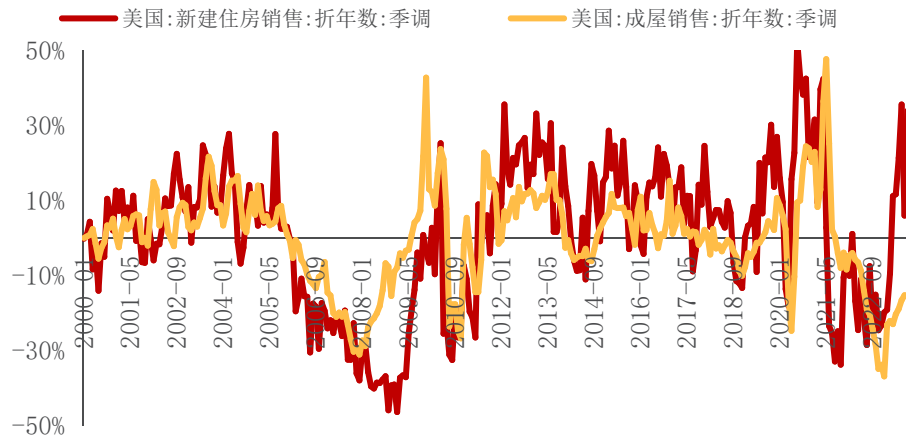
- 美国房地产市场销售情况看，新屋市场从2023年4月销量转正，进入6月以来销量同比快速拉升，9月单月销量同比达33.9%，10月销量同比约17.7%，成屋市场仍处在磨底阶段，10月单月销量379万套，已达历史较低水平，同比下滑14.6%。

图表：美国私人建造支出中住宅及非住宅同比情况（万套）



资料来源: wind, 民生证券研究院

图表：美国新屋及成屋销量同比情况

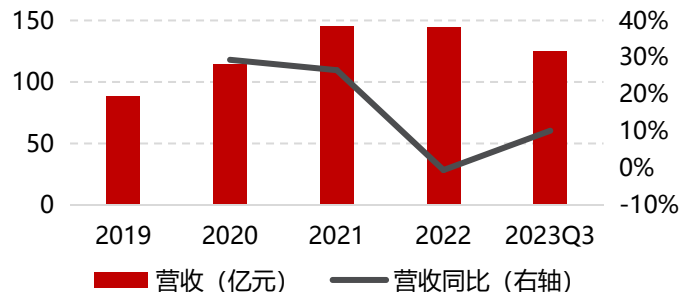


资料来源: wind, 民生证券研究院

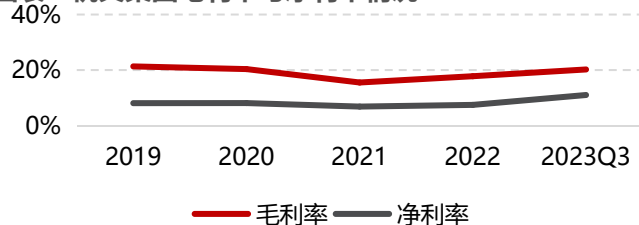
3.1 杭叉集团

- 杭叉集团是国内叉车研发制造龙头企业。公司是我国及全球叉车龙头企业之一，目前出口占其收入超过30%。叉车板块在锂电化加持下，竞争力优势明显，出口强劲，国内持续复苏。

图表：杭叉集团营收及同比

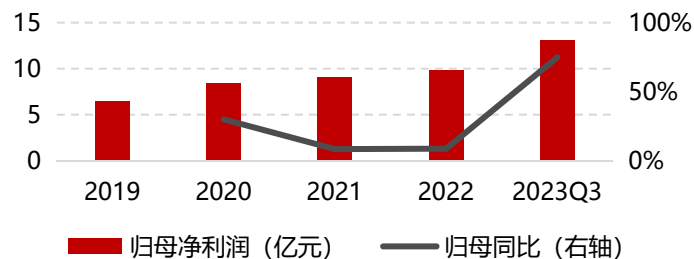


图表：杭叉集团毛利率与净利率情况

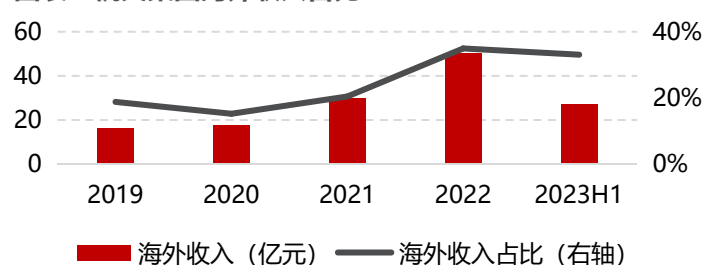


资料来源：公司公告，民生证券研究院

图表：杭叉集团归母净利润及同比



图表：杭叉集团海外收入占比

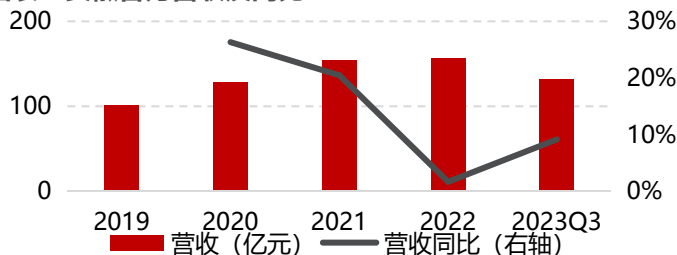


资料来源：公司公告，民生证券研究院

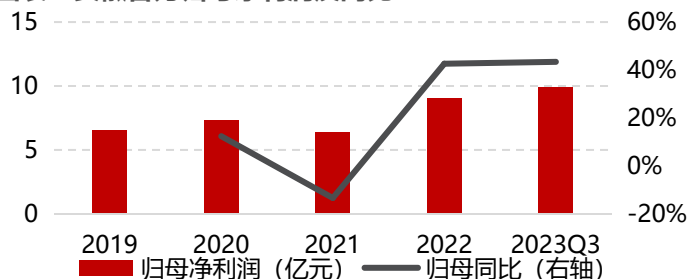
3.1 安徽合力

- 安徽合力为全球领先的叉车企业。公司是我国乃至全球叉车龙头企业之一，出口收入占比持续提升。叉车板块在锂电化加持下，竞争力优势明显，出口强劲，国内持续复苏。

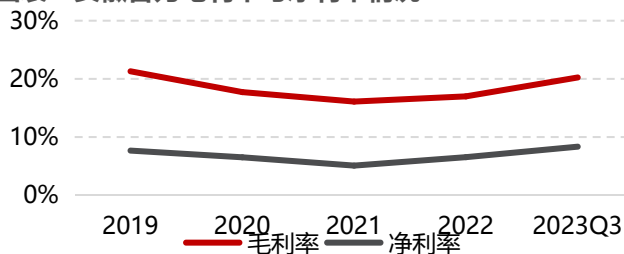
图表：安徽合力营收及同比



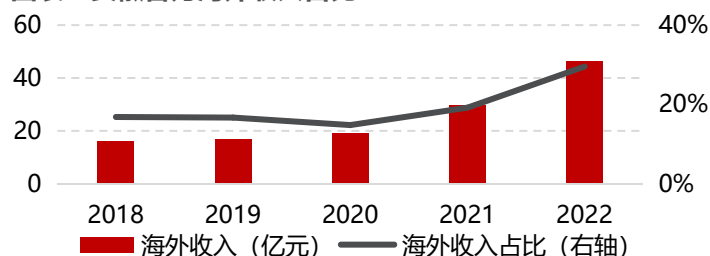
图表：安徽合力归母净利润及同比



图表：安徽合力毛利率与净利率情况



图表：安徽合力海外收入占比



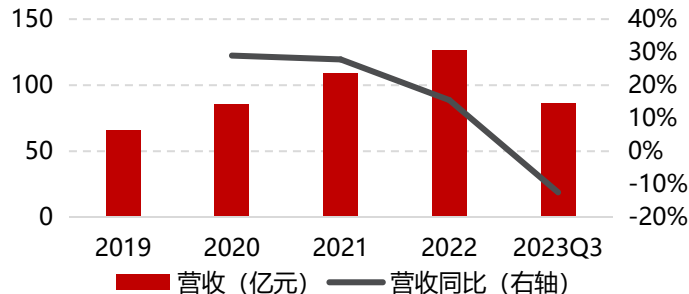
资料来源：公司公告，民生证券研究院

资料来源：公司公告，民生证券研究院

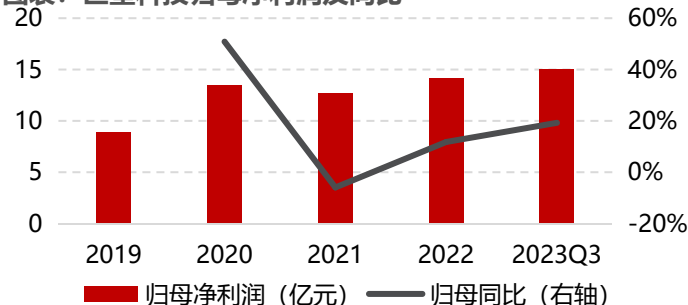
3.1 巨星科技

- 巨星科技为国内手工具制造领域龙头企业。公司是国内乃至全球的工具类龙头企业之一，也是典型的出口型企业，目前出口区域主要在美国，手工具去库已经完成，电工具预计今年底完成。

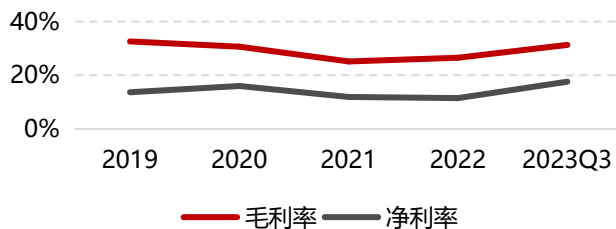
图表：巨星科技营收及同比



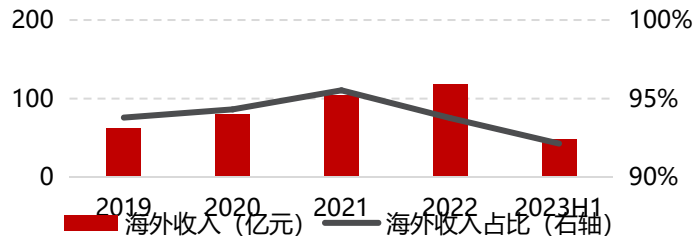
图表：巨星科技归母净利润及同比



图表：巨星科技毛利率与净利率情况



图表：巨星科技海外收入占比



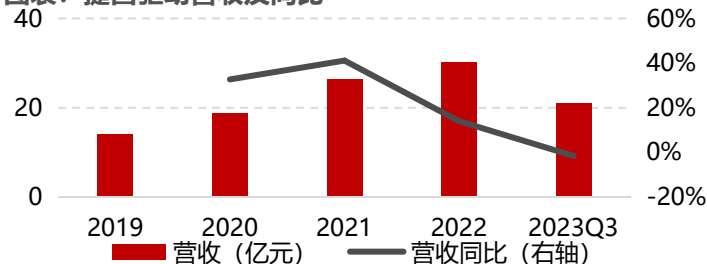
资料来源：公司公告，民生证券研究院

资料来源：公司公告，民生证券研究院

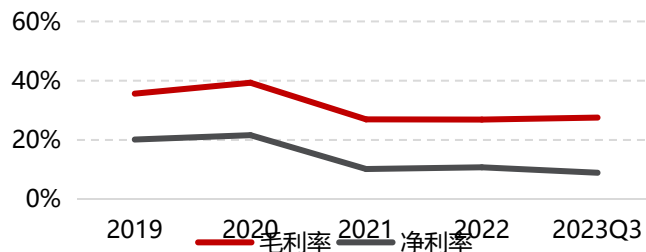
3.1 捷昌驱动

- 捷昌驱动是国内线性驱动龙头企业。公司是我国线性驱动解决方案提供商，典型的出口型企业，出口区域主要为美国。目前电动办公桌在美国就业市场恢复的大环境下有一定恢复，医疗、光伏、汽车等新业务持续突破。

图表：捷昌驱动营收及同比

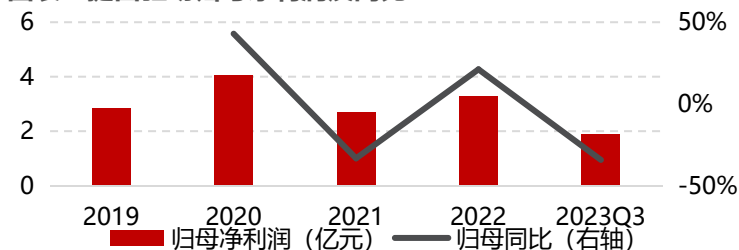


图表：捷昌驱动毛利率与净利率情况

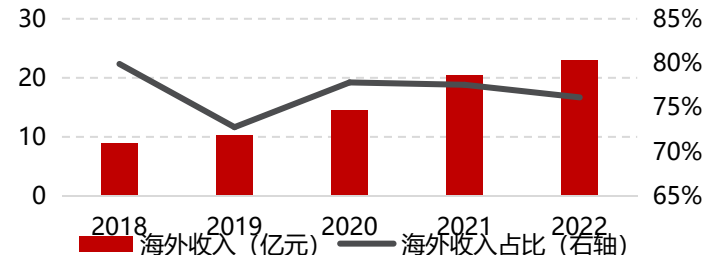


资料来源：公司公告，民生证券研究院

图表：捷昌驱动归母净利润及同比



图表：捷昌驱动海外收入占比



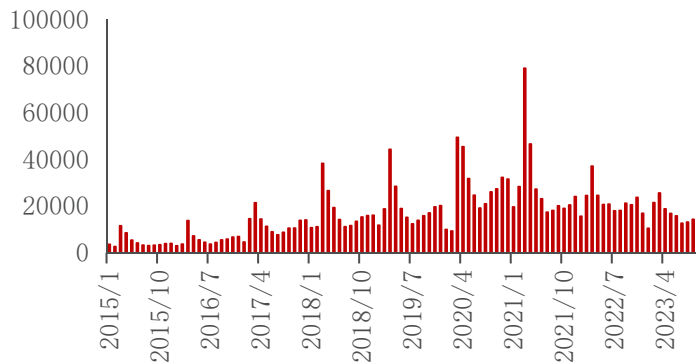
资料来源：公司公告，民生证券研究院

3.2 工程机械

3.2 挖机持续磨底系保有量与周期下行影响，更新周期将至

- 23年Q1-Q3挖机销量14.9万台，同比下滑25.7%，主要原因系国内挖机保有量处于较高水平，且行业周期下行。
- 国产挖机8年更新，现已接近上轮需求底部，更新周期将至。

图表：国内工程机械行业挖机销量（台）



资料来源：中国工程机械工业协会，民生证券研究院

图表：国内挖掘机保有量变化（万台）

工程机械产品	2017	2021
挖掘机	155.7 ~ 168.6	196-212
合计	690 ~ 747	830-899

资料来源：中国工程机械工业协会，前瞻产业研究院，民生证券研究院

图表：更新周期将至（万台）

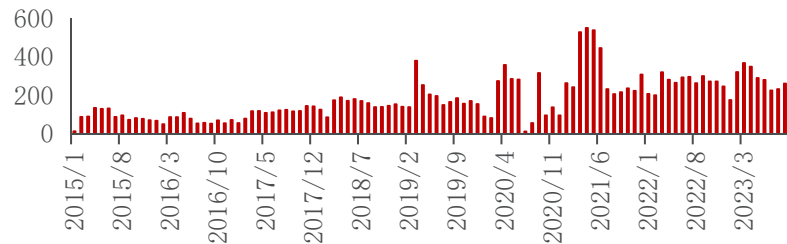
挖掘机销量	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2015	0.36	0.26	1.15	0.85	0.54	0.42	0.32	0.30	0.32	0.34	0.39	0.39
2016	0.30	0.37	1.37	0.72	0.55	0.44	0.37	0.44	0.55	0.58	0.67	0.69
2017	0.45	1.45	2.14	1.44	1.13	0.89	0.77	0.87	1.05	1.05	1.38	1.40
2018	1.07	1.11	3.83	2.66	1.93	1.42	1.11	1.16	1.34	1.53	1.59	1.60
2019	1.18	1.87	4.43	2.84	1.89	1.51	1.23	1.38	1.58	1.70	1.96	2.02
2020	0.99	0.93	4.94	4.54	3.17	2.46	1.91	2.09	2.60	2.73	3.22	3.15
2021	1.96	2.83	7.90	4.66	2.72	2.31	1.73	1.81	2.01	1.90	2.04	2.40
2022	1.56	2.45	3.71	2.45	2.06	2.08	1.79	1.81	2.12	2.05	2.37	1.69
2023	1.04	2.15	2.56	1.88	1.68	1.58	1.26	1.31	1.43			

资料来源：中国工程机械工业协会，民生证券研究院（注：数据截至2023年9月30日）

3.2 起重机分化，混凝土机械呈现弱复苏信号

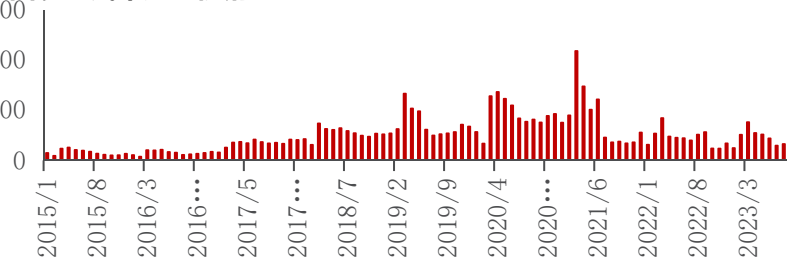
- **起重机**：23年Q1-Q3，汽车起重机销量为2.0万台，同比下降12.5%，履带起重机销量2501台，同比上升3.1%，随车起重机销量为塔机销量1.5万台，同比下降8.1%。
- **混凝土机械**：2023年6月中国混凝土机械产量达2.66万台，同比+49.44%，主要是受益于之前的22年的低基数以及海外市场高增的原因。

图表：履带式起重机销量



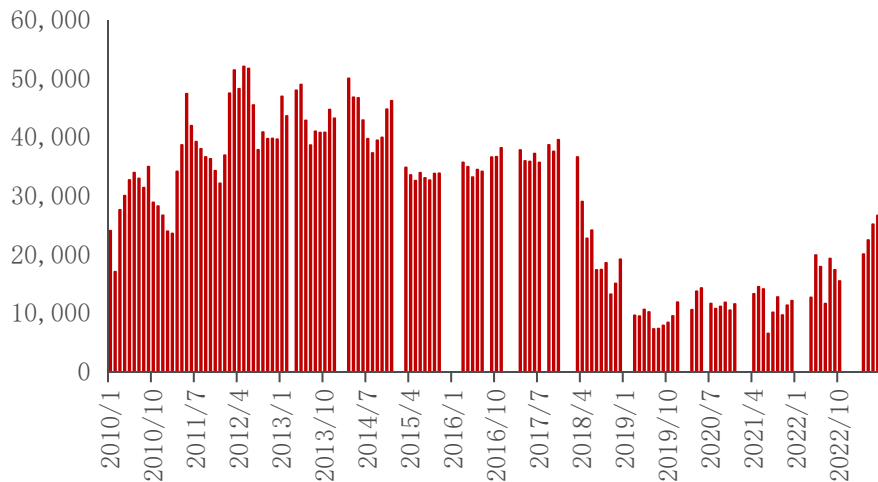
资料来源：中国工程机械工业协会，民生证券研究院

图表：汽车起重机销量



资料来源：中国工程机械工业协会，民生证券研究院

图表：中国:产量:混凝土机械:当月值



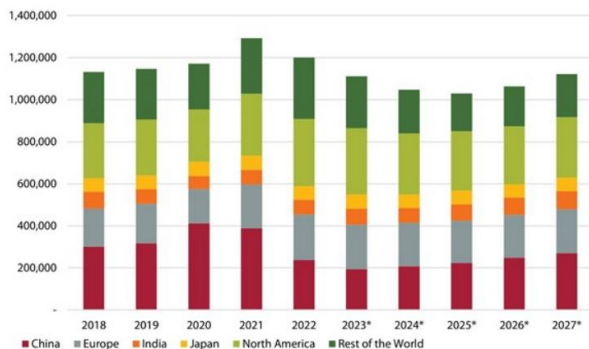
资料来源：wind，民生证券研究院

3.2

海外渗透率份额持续提升

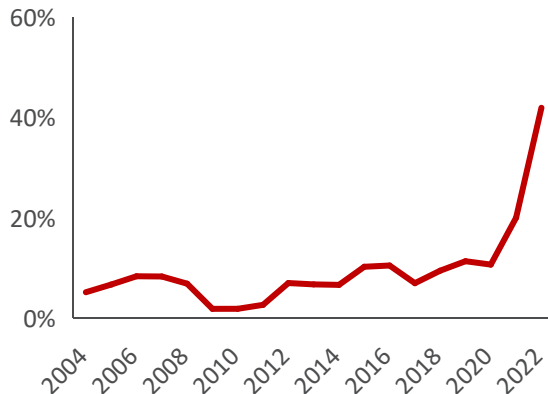
- 2022年，全球工程机械市场销量约120万台，其中，中国仅为24万台，欧洲+北美需求合计约52.71万台，占全球43.9%。
- 出口来看，22年1-11月累计出口403.22亿美元，其中整机265.26亿美元，同比增长35.4%；零部件137.96亿美元，同比增长25.5%。
- 但欧美市场对设备的环保、技术方面都有更高的要求，对价格的敏感性相对较低，且更看重售后维修、服务这一块，对后市场的需求较高，短期突破难度较高。

图表：全球工程机械市场销量情况



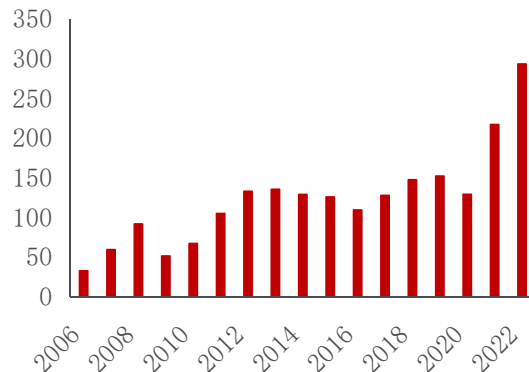
资料来源：off-highway，民生证券研究院

图表：挖掘机出口销量占比逐年提升



资料来源：中国工程机械协会，民生证券研究院

图表：工程机械行业整机出口金额（亿美元）

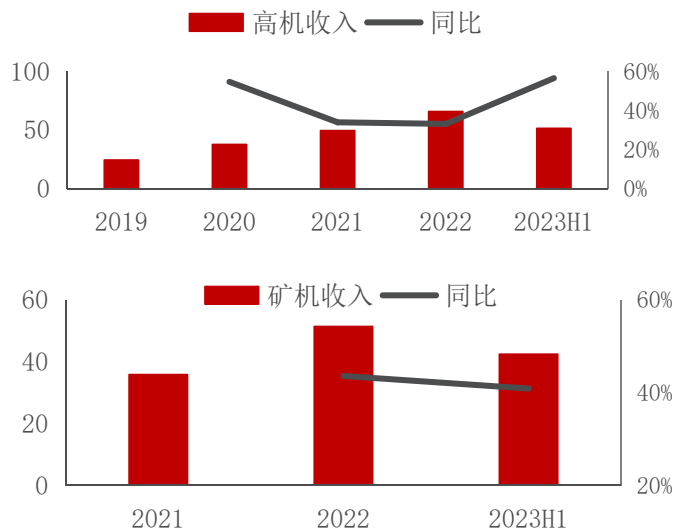


资料来源：中国工程机械协会，民生证券研究院

3.2 新兴产品步入快速道，多因素促进行业盈利提升

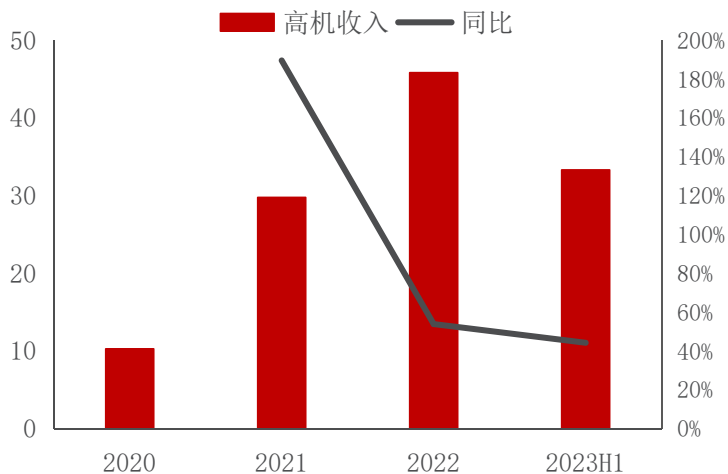
- 高机、矿机等新兴产品收入呈现较高速度增长，且主机厂均对此及寄以厚望。

图表：徐工新兴产品收入高增（亿元，%）



资料来源：公司公告，民生证券研究院

图表：中联新兴产品收入高增（亿元，%）

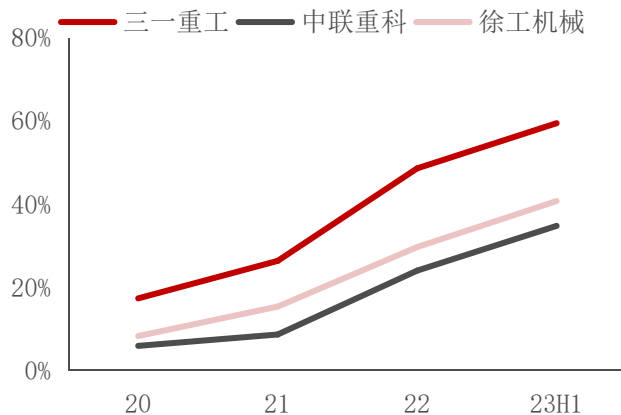


资料来源：公司公告，民生证券研究院

3.2 新兴产品步入快速道，多因素促进盈利提升

- 多因素促进行业盈利提升：新兴产品毛利率较高（矿机、高机毛利率均超过传统挖机、起重机、混凝土机械）；海外收入占比提升（海外收入毛利率更高）；原材料及海运成本下滑；竞争态势逐渐良性。

图表：三一、中联、徐工海外收入占比（%）



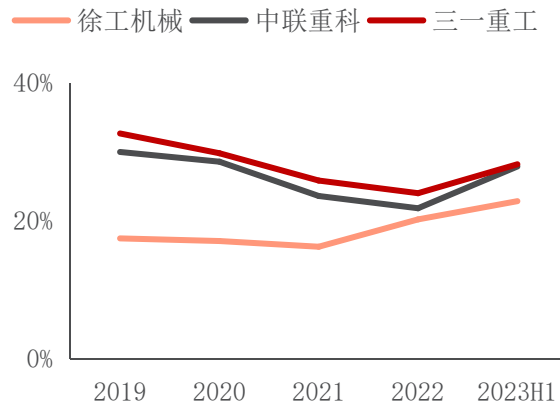
资料来源：wind，民生证券研究院

图表：原材料（元/吨）及海运成本下降



资料来源：wind，民生证券研究院

图表：三一、中联、徐工销售毛利率（%）



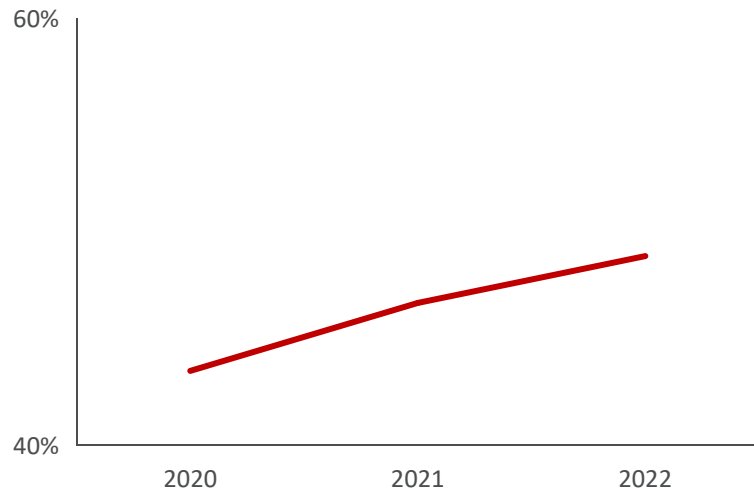
资料来源：wind，民生证券研究院

3.2

下行周期，行业集中度进一步提高

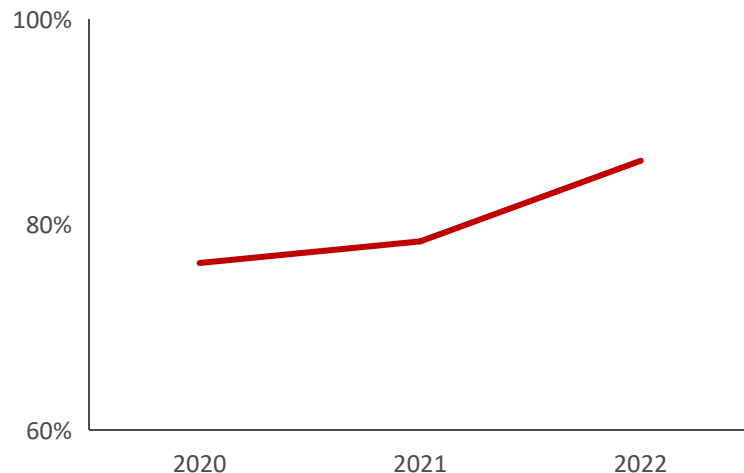
- 自2021年行业进入下行周期来，工程机械市场集中度持续提高。

图表：三一、徐工挖掘机销量占行业销量之比



资料来源：公司公告，民生证券研究院

图表：三一、徐工、中联起重机销量占行业销量之比

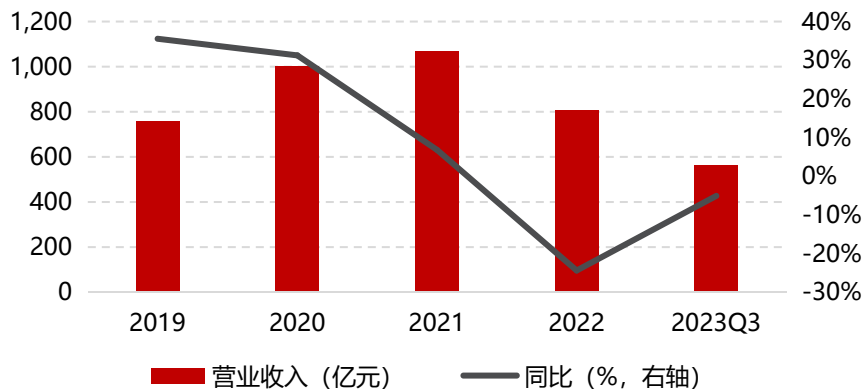


资料来源：公司公告，民生证券研究院

3.2 重点标的：三一重工

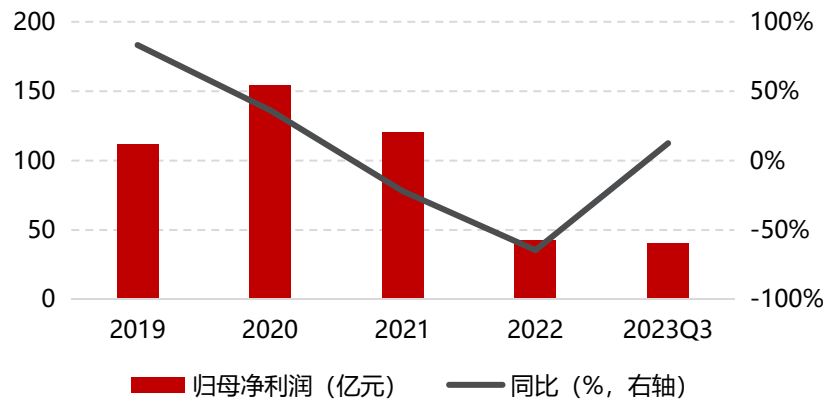
- 公司是全球装备制造业领先企业之一，产品包括混凝土机械、挖掘机械、起重机械、桩工机械、筑路机械、建筑装配式预制结构构件。公司混凝土设备为全球第一品牌，挖掘机、大吨位起重机等主导产品已成为中国第一品牌。
- **主要逻辑：**1) 此轮行业下行周期中，工程机械行业竞争趋于理性，行业CR集中度提高，公司是国内挖机龙头，深度受益；2) 公司受益原材料及海运成本归于正常，销售毛利率大幅改善；3) 海外收入高增，23H1占比过半，减少国内行业周期影响；4) 欧美占据全球工程机械市场销量接近50%，公司较早布局欧美市场，有望突破。

图表：三一重工营收及同比



资料来源：Wind，民生证券研究院

图表：三一重工归母净利润及同比

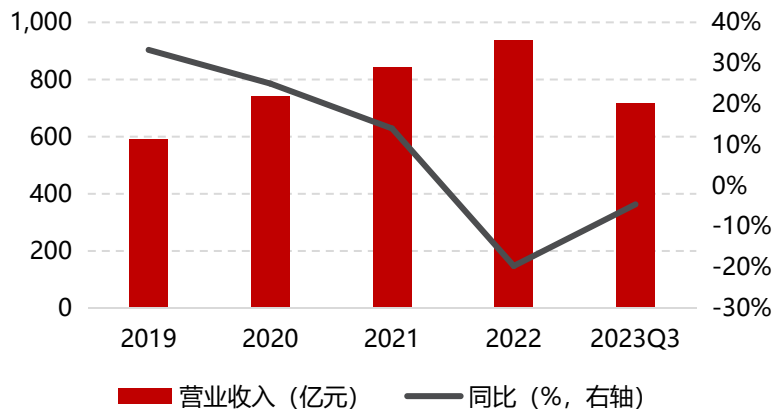


资料来源：公司公告，民生证券研究院

3.2 重点标的：徐工机械

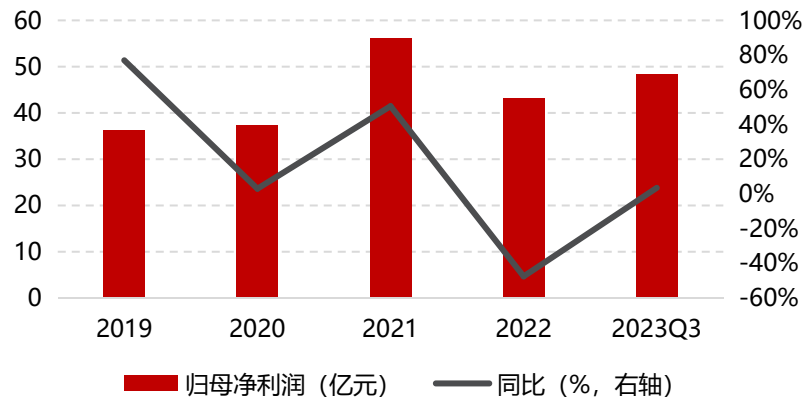
- 徐工机械是集多种工程机械的开发、制造与销售为一体的专业公司，产品品种齐全，共有15个主机产品市场占有率稳居国内第一，其中新增高空作业机械产业荣登中国第一、全球第三。
- 主要逻辑：**1) 公司新兴产品高空作业平台、矿山机械进展良好，后续有望持续高增；2) 受益于原材料及海运成本归于正常，销售毛利率大幅改善；3) 加强内部各事业部协调统一，标准化降本空间仍存；4) 海外收入占比持续提高，减少国内行业周期影响。

图表：徐工机械营收及同比



资料来源：Wind，民生证券研究院

图表：徐工机械归母净利润及同比

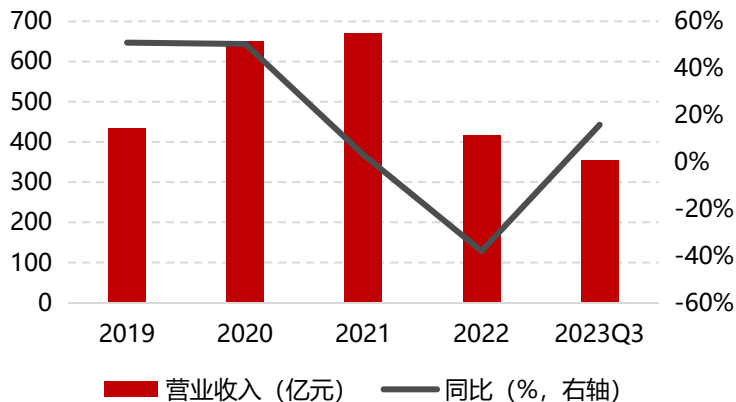


资料来源：wind，民生证券研究院

3.2 重点标的：中联重工

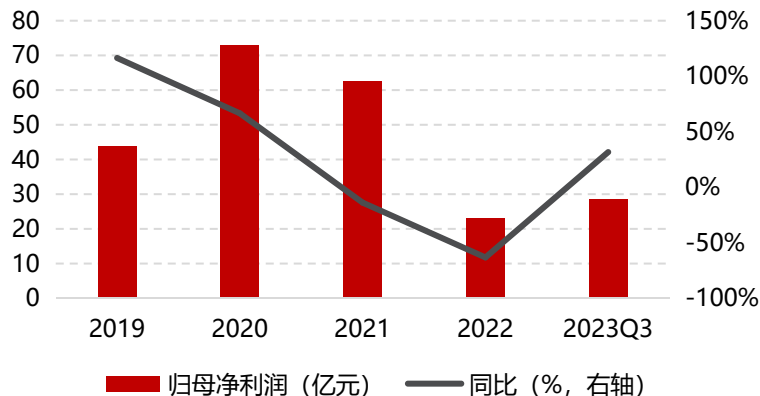
- 公司主要从事工程机械和农业机械的研发、制造、销售和服务。工程机械包括混凝土机械、起重机械、土石方施工机械、高空作业机械等；农业机械包括耕作机械、收获机械、烘干机械、农业机具等。
- **主要逻辑：**1) 起重机逆势增长，市占提高；2) 挖机业务布局成效渐显，23H1中大挖国内市场份额翻倍；3) 受益于原材料及海运成本归于正常，销售毛利率大幅改善；4) 公司新兴产品高空作业平台进展良好，后续有望持续高增；5) 海外收入占比持续提高，减少国内行业周期影响。

图表：中联重工营收及同比



资料来源：Wind，民生证券研究院

图表：中联重工归母净利润及同比



资料来源：wind，民生证券研究院

4、风险提示

4

风险提示

□ 宏观周期性波动风险

✓ 机床行业与宏观经济周期密切相关，宏观经济运行的复杂性、国家经济政策的不确定性都可能给行业的发展带来风险。

□ 半导体设备国产化进展不及预期风险

✓ 半导体设备技术门槛较高，某些环节的技术难点或者国内设备厂商产能瓶颈可能导致设备国产化进展不及预期。

□ X 射线检测应用不及预期

✓ X 射线应用主要是医疗和工业领域，未来存在国产 X 射线检测智能设备市场应用推广不及预期的风险。

□ 下游需求复苏不及预期的风险

✓ 若下游需求复苏不及预期，将对设备公司未来经营业绩产生不利影响。

THANKS 致谢

民生机械研究团队：



分析师 李哲

执业证号：S0100521110006

电话：13681805643

邮件：lizhe_yj@mszq.com



分析师 罗松

执业证号：S0100521110010

电话：18502129343

邮件：luosong@mszq.com



分析师 占豪

执业证号：S0100522090007

电话：15216676817

邮件：zhanhao@mszq.com

民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路8号财富金融广场1幢5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街28号民生金融中心A座19层； 100005

深圳：广东省深圳市福田区益田路6001号太平金融大厦32层05单元； 518026

分析师声明:

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、不因、也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

评级说明:

投资建议评级标准	评级	说明
以报告发布日后的12个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A股以沪深300指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准。	推荐	相对基准指数涨幅15%以上
	谨慎推荐	相对基准指数涨幅5%~15%之间
	中性	相对基准指数涨幅-5%~5%之间
	回避	相对基准指数跌幅5%以上
	推荐	相对基准指数涨幅5%以上
	中性	相对基准指数涨幅-5%~5%之间
	回避	相对基准指数跌幅5%以上

免责声明:

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。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而导致的任何可能的损失负任何责任。本报告是基于已公开信息撰写，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、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。