

## 聚焦 AI+及自主可控，关注复苏与反转

### ——2023 年机械行业中期策略报告

#### 核心观点

2023 年上半年经济处于疫后修复的弱复苏阶段，1-5 月份制造业固定资产投资为 6%，增速逐月下降，但高于固定资产投资增速（4%）和一季度 GDP 增速（4.5%）。6 月制造业 PMI49%，已连续三月位于荣枯线之下，经济复苏与制造业投资幅度均不及年初预期。机械设备板块上半年投资机会主要集中在机器人、半导体设备、船舶等细分子行业，受益于 AI+具身智能、自主可控、周期向上及中特估等逻辑演绎。

**2023H2 机械行业投资策略推演：两个情景假设下的五个投资方向。**假设经济复苏超预期，那么首先看好通用自动化板块，中长期看好 AI+、自主可控，其他看好光伏设备反转和轨交装备复苏；假设经济延续上半年弱复苏态势，那么市场逻辑演绎大概率仍延续上半年，AI+及自主可控占优，首先看好人形机器人主题。

- 方向一：新一轮科技革命潮起，看好 **AI+**，重点看好人形机器人及液冷设备。特斯拉机器人引领人形机器人发展，打开机器人产业链长期成长空间。对比于传统工业机器人，Tesla bot 若量产，所需的零部件是传统工业机器人的 5 倍，利好工业机器人零部件厂商。
- 方向二：**自主可控**是机械设备格局逻辑中的最强逻辑，具备中长期投资价值，重点看好工业母机（尤其是国产化率较低的数控系统、丝杠导轨、五轴联动数控机床）、半导体设备及科学仪器。
- 方向三：**顺周期通用设备**有望在下半年启动。上半年经济弱复苏，仍处于去库存阶段，若新一轮补库于下半年开启，工业复苏由弱转强，则顺周期通用设备受益，包括通用机床、刀具、工业机器人、注塑机、叉车、通用零部件等。
- 方向四：新能源产业进程持续景气，看好技术迭代下的**光伏设备**。2023 年受益于国内外装机需求提速、硅料供给释放、光伏各环节技术革新，光伏设备环节有望保持高景气。
- 方向五：出行链修复，看好底部复苏的**轨交装备**。今年以来，出行链修复铁路客运量已回升至 2019 年水平，过去三年设备招标量偏低存在较大缺口，以动车组为代表的轨交装备复苏确定性高。

**投资建议：**结合行业景气度、业绩确定性及估值，重点推荐绿的谐波、海天精工、纽威数控、豪迈科技、中国中车、捷佳伟创、怡合达。

**风险提示：**制造业投资低于预期、新技术渗透不及预期，市场竞争加剧、原材料价格大幅上涨、设备出口不及预期等。

## 机械行业

### 推荐 维持评级

#### 分析师

鲁佩

☎：(8621) 2025 7809

✉：lupei\_yj@chinastock.com.cn

分析师登记编码：S0130521060001

范想想

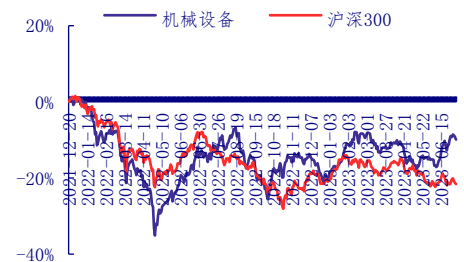
☎：(8610) 8092 7663

✉：fanxiangxiang\_yj@chinastock.com.cn

分析师登记编码：S0130518090002

#### 行业数据

2023.07.10



资料来源：Wind，中国银河证券研究院整理

#### 相关研究

【银河机械】2023 年年度策略报告\_机械行业：紧抓通用设备自主可控，把握专用设备景气加速

【银河机械】2022 年中期策略报告：复盘与展望，紧抓受益技术变革趋势的设备投资机遇

【银河机械】2022 春季策略：把握稳增长主线，自下而上精选 α

【银河机械】2022 年度策略：硬科技+新能源，引领装备升级新征程

【银河机械】2021 年四季度策略报告\_机械行业：拥抱机械制造大时代，寻找“专精特新”隐形冠军

【银河机械】2021 年中期策略报告\_机械行业：制造强国，装备引领

**重点标的估值表**

股票代码	股票简称	市值	收入 (亿元)				净利润 (亿元)				PE (2023E)
			2022A	2023E	2024E	2025E	2022A	2023E	2024E	2025E	
688017.SH	绿的谐波	226	4	7	10	14	1.56	2.43	3.36	4.56	93
601882.SH	海天精工	159	32	39	48	57	5.21	6.39	7.86	9.65	25
688697.SH	纽威数控	75	18	24	29	35	2.62	3.38	4.22	5.12	22
002595.SZ	豪迈科技	268	66	77	88	101	12.00	14.13	16.28	18.74	19
601766.SH	中国中车	1,780	2,229	2,428	2,620	2,840	143.52	121.75	136.67	157.23	15
300724.SZ	捷佳伟创	370	60	97	145	193	10.47	15.70	23.77	32.12	24
301029.SZ	怡合达	241	25	34	46	61	5.06	7.26	9.80	12.88	33

资料来源: WIND 一致预期, 银河证券研究院整理, 数据截止至 2023 年 7 月 7 日

## 目 录

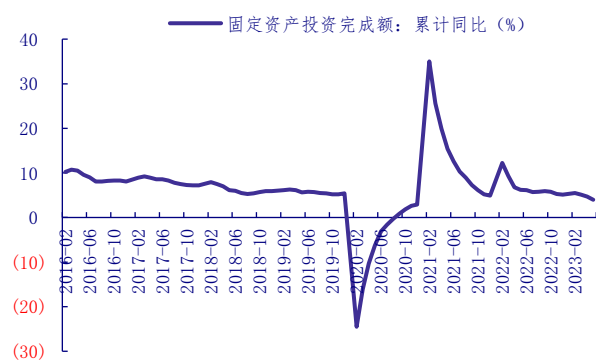
一、机械行业 2023H2 投资策略推演：两个情景假设下的五个投资方向	1
二、新一轮科技革命潮起，看好 AI+	2
(一) 机器人：AI 赋能人形机器人，核心零部件率先受益	3
1、特斯拉引领人形机器人发展趋势	3
2、机器人蓬勃发展下的国产替代机会	7
3、机器视觉作为产业链前端或将率先受益	9
4、核心标的：关注机器人核心零部件公司发展机遇	13
(二) 液冷设备：AIGC 发展带动算力需求，液冷方案渗透率有望提升	16
1、液冷技术对比	16
2、AI 算力提升推动数据中心单机柜功率增长，打开液冷设备需求空间	17
三、自主可控领域具备中长期投资价值	22
(一) 工业母机：国之重器，产业链自主可控可期	22
1、机床行业周期性特征明显，目前处于见底回升阶段	22
2、需求端：上半年通用机床需求较为疲软，看好高端制造业驱动下需求回升	23
3、供给侧：核心零部件、中高端机床依赖进口，但国产化率在提升，国产产能在提升	25
4、机床中高端划分及竞争格局	29
5、相关标的	30
(二) 半导体设备：自主可控需求迫切，关注国产化进程	31
1、海外先进设备封锁，自主可控需求迫切	31
2、国产替代加速，政策加持助力蝶变	37
3、行业周期趋于底部，结构性机会显现	39
4、投资建议与风险提示	43
(三) 科学仪器：政策东风频吹，国产替代正当时	44
1、高附加值+高技术壁垒，科学仪器国之重器	44
2、全球市场空间宽广，海外品牌占据垄断地位	45
3、科学仪器对外依存度高，政策东风加速国产替代进程	47
四、顺周期通用设备板块有望在下半年启动	53
五、双碳目标积极推进，把握新一轮能源革命下景气加速细分板块	56
(一) 光伏设备三大驱动因素：需求提速、供给释放、技术革新	56
1、需求端：全球需求持续释放，2023 年全球装机或超 350GW	56
2、供给端：硅料长期供不应求的局面将根本扭转，但将推动光伏行业的装机。	57
3、光伏产业链面临的技术变革	59
(二) 光伏设备产业链梳理	60
1、硅片设备	60
2、电池片设备	62
3、新技术变革下组件设备（串焊设备）有望迎来量价齐升	70

(三) 第三代太阳能电池钙钛矿产业化加速 .....	71
1、钙钛矿电池 (PSCs) 是第三代太阳能电池代表 .....	71
2、效率提升空间大, 降本优势明显 .....	72
3、产业化落地加速, 钙钛矿设备显著受益 .....	73
六、出行链修复, 轨交装备有望底部复苏 .....	80
(一) 政策端支持, 周期性复苏 .....	80
(二) 招标采购订单或将陆续释放 .....	83
1、新投产线车辆配置密度低 .....	84
2、存量更新也将推升招标采购需求 .....	84
(三) “中特估”或将推升龙头价值 .....	86
七、投资建议 .....	88
八、风险提示 .....	89
附录: 2023 年上半年机械设备板块行情回顾 .....	90
(一) 板块整体表现: 二季度走出超额收益 .....	90
(二) 板块估值: 市场情绪回温, 估值逐步修复 .....	90
(三) 子行业表现: 航运装备、仪器仪表行业表现亮眼 .....	91
(四) 个股表现: 体现新技术、小市值特征 .....	91

## 一、机械行业 2023H2 投资策略推演：两个情景假设下的五个投资方向

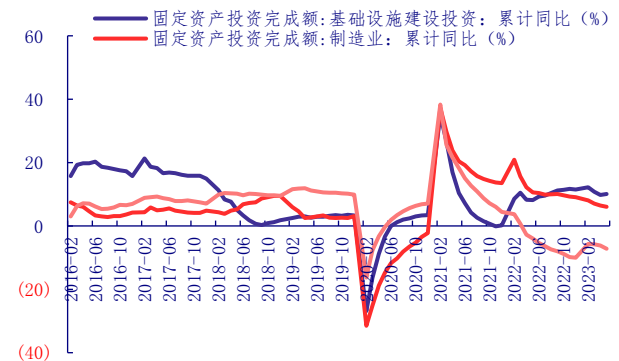
2023 年上半年经济处于疫后修复的弱复苏阶段，1-5 月份制造业固定资产投资为 6%，增速逐月下降，但高于固定资产投资增速(4%)和一季度 GDP 增速(4.5%)。6 月制造业 PMI49%，已连续三月位于荣枯线之下，经济复苏与制造业投资幅度均不及年初预期。机械设备板块上半年投资机会主要集中于机器人、半导体设备、船舶等细分子行业，受益于 AI+具身智能、自主可控、周期向上及中特估等逻辑演绎。

图1. 2023 年 1-5 月份固定资产投资累计同比 4%



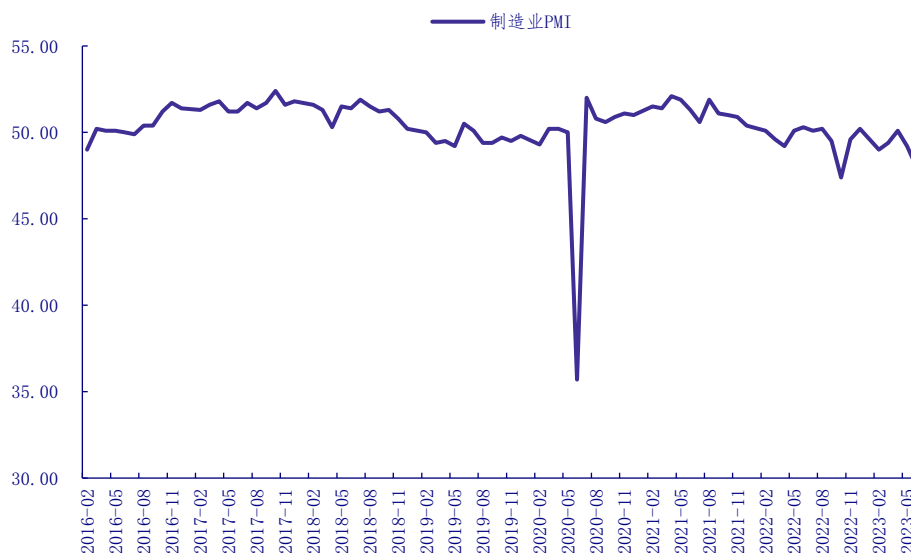
资料来源：WIND，中国银河证券研究院

图2. 2023 年 1-5 月份固定资产投资主要受基建投资拉动



资料来源：WIND，中国银河证券研究院

图3. 2023 年 6 月制造业 PMI 为 49%，已连续三月位于荣枯线之下



数据来源：WIND，中国银河证券研究院

下半年机械行业投资策略从以下几个方面考虑：

首先寻找需求复苏或行业景气持续向上的细分子行业。看好出行链复苏带来的设备投资需求，推荐轨交装备板块，看好光伏行业景气向上叠加新技术迭代下的设备投资。

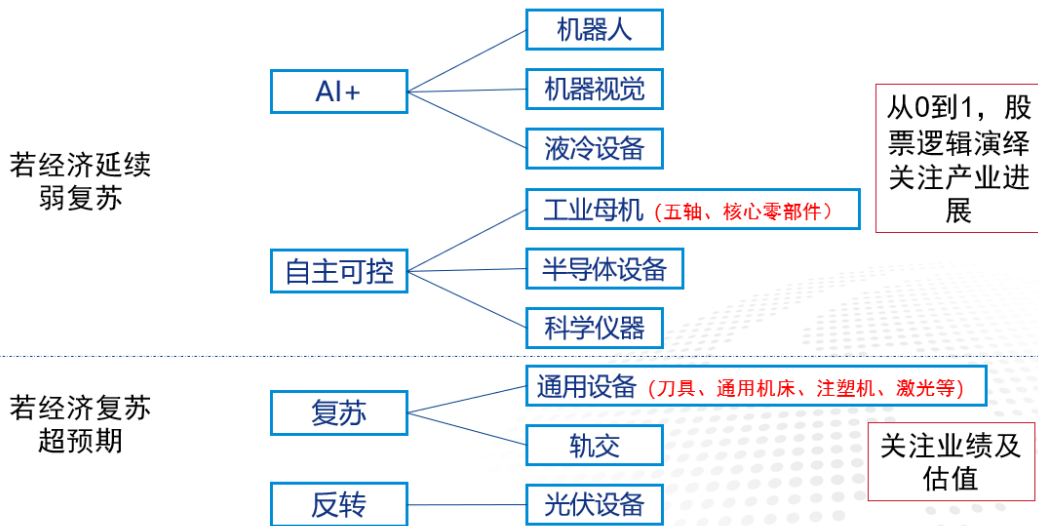
其次从周期维度考虑，短周期库存周期拐点，若新一轮库存周期于下半年某时点启动，预示着工业复苏由弱转强，则通用设备受益，包括通用机床、刀具、工业机器人、注塑机、通用激光等板块；中周期角度看机床行业仍处于朱格拉周期上行阶段，若下游需求复苏则设备板块叠加更新需求弹性更大；长周期角度看我们或许站在新一轮科技革命的起点，AI+、新能源等均出现奇点式突破技术，带来新生产、新终端以及新的商业模式，也将带动新一轮投资。

三是格局维度，结合当前地缘政治与政策导向背景，自主可控是格局逻辑中的最强逻辑，我们认为，**机械设备领域自主可控是具备中长期投资价值**，包括工业母机、半导体设备、科学仪器等。

四是情绪面与预期维度，上半年集中在新能源等过去几年强势行业的赛道股如光伏设备、风电设备调整幅度较深，但产业化进程持续，光伏设备领域由新技术带来的扩产仍在，产业细分方向依然具备投资价值，相关设备公司估值已处于历史较低水平，有望迎来反转，具备配置价值。

综合以上，下半年投资策略我们做情景假设：假设经济复苏超预期库存周期于下半年某时点启动，那么首先看好通用设备，中长期看好 AI+、自主可控，同时看好光伏设备反转和轨交装备复苏；假设经济复苏不及预期，那么市场逻辑演绎大概率延续上半年，AI+及自主可控占优，首先看好人形机器人主题，同时继续看好光伏设备反转及轨交装备复苏。

图4. 机械行业 2023 年中期策略推演



数据来源：中国银河证券研究院

## 二、新一轮科技革命潮起，看好 AI+



## (一) 机器人：AI 赋能人形机器人，核心零部件率先受益

### 1、特斯拉引领人形机器人发展趋势

2021 年，在特斯拉 AI 日上，CEO 埃隆·马斯克发布了特斯拉的通用机器人计划，并展示了人形机器人 Tesla Bot 的大致形态；2022 年 1 月，马斯克表达了对人形机器人前景的看好，宣布 2022 年不会推出任何新车，工作重心将放在完全自动驾驶和人形机器人上；2022 年 10 月，马斯克在 2022 特斯拉人工智能日上公布了该公司的第一个人形机器人原型，并预计 3-5 年内实现量产；2023 年 5 月，在特斯拉 2023 股东大会上，马斯克展示了人形机器人 Optimus 的全新型号，视频显示人形机器人能够在车间灵活行走、抓取物体，以及电机扭矩控制技术。

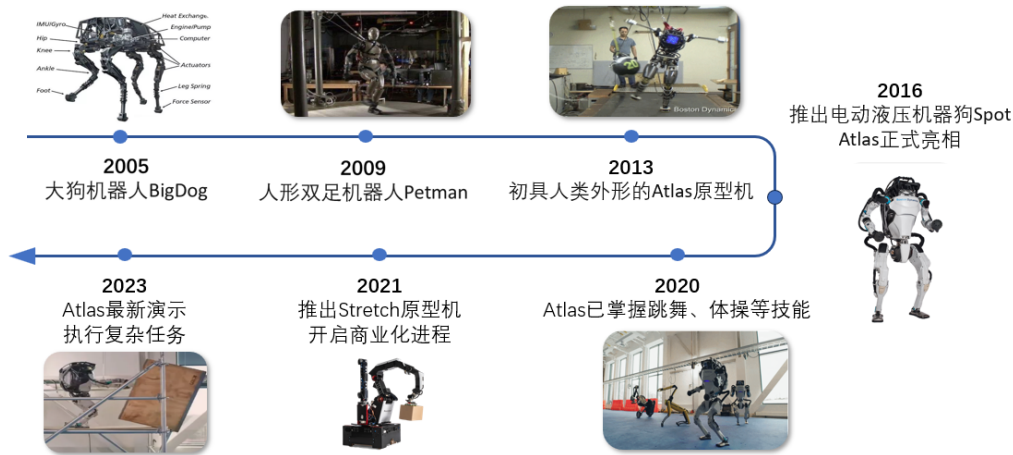
图5. 特斯拉机器人的发展历程



数据来源：特斯拉，中国银河证券研究院

马斯克认为**人形机器人的发展潜力会远大于汽车**。人形机器人发展的可行性早已经在波士顿动力身上得到了验证。2005 年，波士顿动力专门为美国军队研究设计了四足机器人大狗 BigDog；2013 年，初具人类外形的 Atlas 原型机亮相，前身是为美军测试防护服性能的双足机器人；2016 年 3 月，波士顿动力研制出电动液压机器狗 Spot；2020 年 9 月 Spot 正式发售；2021 年 3 月又推出仓储机器人 Stretch；2022 年 3 月 Stretch 开放购买，预购需求强劲；2023 年 1 月波士顿展示了最新的 Atlas，能够以复杂的 AI 算法、多模态视觉感知和高性能电液驱动系统实现优异运动性能，但百万美金的高昂成本限制了 Atlas 商业化进程。特斯拉则以电驱替代液驱，旨在实现人形机器人的产品标准化、低成本和可量产。

图6. 波士顿动力机器人的发展历程



数据来源: Boston Dynamics, 中国银河证券研究院

作为制造业转型升级的核心环节，工业机器人已然成为未来的发展趋势，无论是在以波士顿动力为代表的军用领域还是以特斯拉为代表的民用领域都具备巨大的发展潜力，但是这两类机器人的技术发展路径却截然不同。

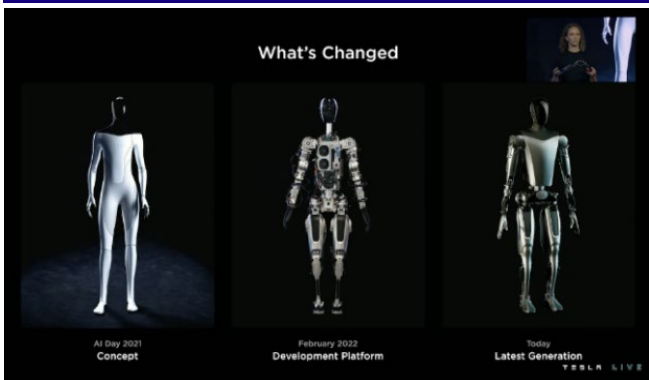
特斯拉人形机器人搭载全自动驾驶能力电脑和神经网络技术，手部拥有 6 个执行器和 11 个自由度，能够平稳行走，在工厂中执行简单任务，同时具备精准的力量控制和记忆功能。特斯拉人形机器人使用电驱作为动力系统。电动机驱动是利用各种电动机产生的力或转矩直接驱动机器人的关节，或者通过诸如减速的机构来驱动机器人的关节，以获得所需的位置，速度，加速度和其他指标。

机械特性和负载特性是电动机主要调速性能指标。机械特性指的是电动机转矩  $T$  与转速  $n$  的关系，转速随转矩变化大，表示机械特性硬度软。负载特性指的是电动机所带负载转矩  $T_L$  随转速  $n$  变化所要求的特性关系，随各类机械装置所带负载不同而存在较大差别，要求电机调速控制系统有多种可修改设置参数以匹配于不同负载特性。

电机调速控制系统也会直接影响电机的性能，能够对电机的启动、加速、运转、减速及停止进行的控制，根据不同电机的类型及电机的使用场合有不同的要求及目的。近年来调速控制系统正朝着全电气控制系统、永磁式电机结构、高集成电路、数字电路、高效无极控制策略及智能控制策略等方向快速发展。



图7. Optimus 原型机(左:概念机, 中:原型机, 右:最新版本)



资料来源: 特斯拉, 中国银河证券研究院

图8. 特斯拉通过用单个线性执行器拉起一架半吨的钢琴



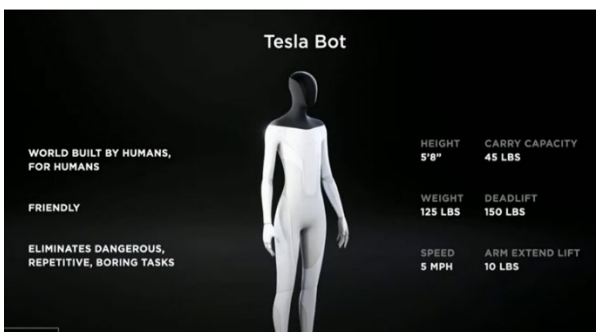
资料来源: 特斯拉, 中国银河证券研究院

为了提升人形机器人性能并实现量产目标, 特斯拉对电驱装置提出了更高的技术要求。首先, 运动执行器需要具有很高的扭矩密度和推力密度, 以便机器人具有更轻的体重和一定的负载作业能力, 因此 Tesla Bot 在关节中所使用的线性执行器为伺服电缸, 精度高且负载大, 能够抬起一架半吨重的钢琴。在伺服电缸的推重比方面, Tesla Bot 线性关节采用的通用伺服推重比从 1400N/Kg~4200N/Kg, 处于业内较高水准。

其次, 人形机器人需要具备尽可能高的定位精度, Tesla Bot 在旋转关节采用了无框电机+双编码器+力矩传感器+谐波的方案。此外, 调速范围应较宽, 满足快速启动、加速、负荷爬坡等要求, 在 Tesla Model S 电驱系统中, 转速可以在 0-18000 转之间变化, 且运行稳定。最后, 特斯拉致力于使人形机器人走向低成本、高可靠性的大规模量产, 在电驱中使用了 28 个结构执行器(与原有的 40 个相比降低规模化量产难度和成本), 50 个基础自由度(躯干 28\*1+手部 11\*2)。

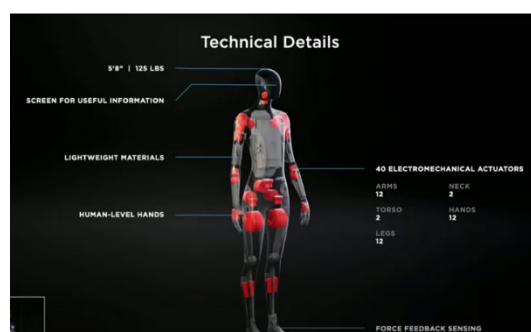
特斯拉以电驱替代液驱, 旨在实现人形机器人的产品标准化、低成本和可量产。特斯拉人形机器人使用电驱作为动力系统, 优化关节数目降低静坐和快走的功耗, 将 FSD、Dojo 芯片、纯视觉系统等自动驾驶技术迁移至人形机器人, 优先运动控制算法研究。Tesla Bot 身高 5 英尺 8 英寸, 约 172 cm; 体重 125 磅, 约 56.7 kg; 承载能力 45 磅, 约 20 kg; 最快行走速度 5 英里/小时, 约 8 km/h, Tesla Bot 的脖子、胳膊、手、腿累计搭载了 40 个机电推杆。

图9. Optimus 硬件架构



资料来源: 特斯拉, 中国银河证券研究院

图10. Optimus 技术细节

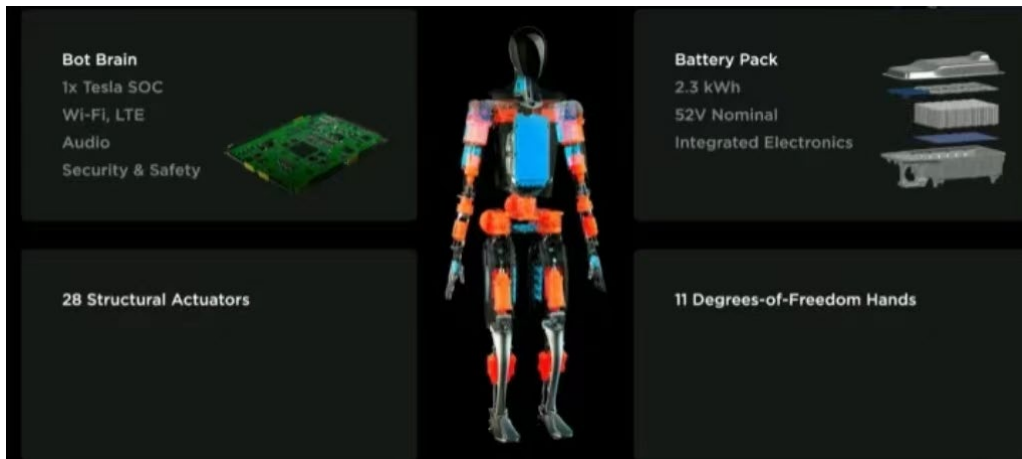


资料来源: 特斯拉, 中国银河证券研究院

作为以电机驱动为主要方式的人形机器人, 擎天柱 Optimus 共有 28 个运动关节, 其中包

括三种旋转执行器和三种线性执行器。特斯拉人形机器人关节中所使用的线性执行器也叫伺服电缸，是一种集成了伺服电机、减速器、丝杠、传感器和驱动器的一体化运动单元（特斯拉展示的线性执行模块暂不包含驱动器），具有精度高和负载大的技术特点，可以实现精准的速度控制、位置控制和力控制，是机器人的核心运动部件。比如在灵巧手中，为了让灵巧手在外形尺寸与灵活性方面具有更好的仿生性，整只手的驱动方式主要就靠 6 个微型伺服电缸来实现。

图11. Optimus 的电机（蓝色代表电机，橙色代表执行器）



资料来源：特斯拉，中国银河证券研究院

谐波减速器率先应用于 Optimus，输出扭矩较大且质量和体积更小。应用较广的减速器中，谐波减速器在额定工况下的输出扭矩较大，代表其承载能力较强，同时整机体积较小，传动精度高和传动效率较高。RV 输出扭矩更大，但体积、质量、传动精度和传动效率上效率参数较略差。因此谐波减速器更适用于轻量化要求高的人形机器人，特斯拉发布会便披露使用谐波减速器。

对比 Tesla bot，传统机械臂所需的零件要少得多，一台多关节工业机械臂只需要 4 到 6 个减速器，一个控制器，以常用的六轴机械手臂为例，需要的伺服电机是 6 个。一个完整的伺服关节一般由谐波减速器、力矩电机、传感器、驱动器、制动器与外壳这六部分组成。

表1. 不同类型机器人的自由度数量

机器人类型	自由度（个）
SCARA 机器人	4
关节型机器人	4-7
直角机器人	2-6
并联机器人	2-6
人形机器人	8-43

特斯拉人形机器人 28 (躯体) + 11\*2 (灵巧手)

数据来源: iFind, 中国银河证券研究院整理

因此对比于传统工业机器人, Tesla bot 如果量产, 所需的零部件是传统工业机器人的 5 倍, 这对工业机器人的零部件厂商无疑是一个利好消息。

图12. Optimus 灵巧手



资料来源: 特斯拉, 中国银河证券研究院

图13. 六轴工业机器人示意图



资料来源: 中国银河证券研究院整理

图14. 协作机械臂组成



资料来源: 中国银河证券研究院整理

图15. 伺服关节组成



资料来源: 中国银河证券研究院整理

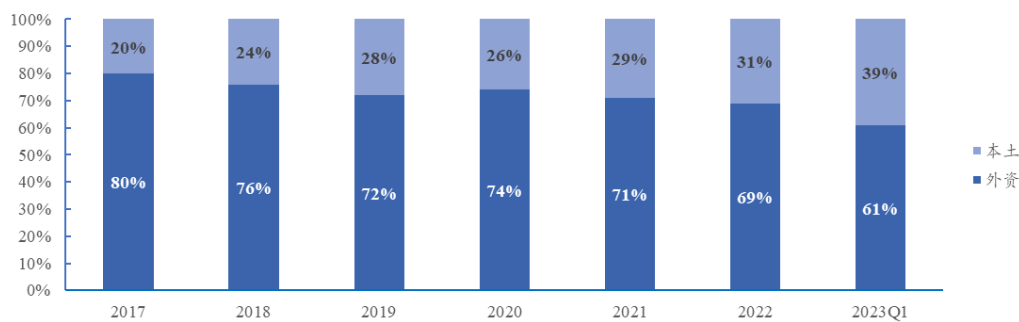
## 2、机器人蓬勃发展下的国产替代机会

国际龙头工业机器人企业势力庞大, 占据大部分市场。2022 年我国工业机器人销量前十名来看, 有 7 家为日本企业, 其余 3 家分别为瑞士、德国和中国的企业, 其中龙头企业 FANUC 机器人在 2008 年 6 月销量突破 20 万台; 2015 年装机量已超 40 万台; 2020 年装机量已超 64 万台。FANUC 机器人研发鼻祖之一鸟居信利先生曾说, FANUC 在数控系统和伺服技术方面技术积累和绝对优势, 是其开发机器人的基础, 我们认为这也是奠定 FANUC 机器人全球第一地位的核心优势。

中国企业追赶脚步并不慢, 且格局优化后有望进一步提速。据 MDATA 统计, 我国 2022

年工业机器人市场中内资占有率为31%，2020年小幅下降后又迅速回升，2023Q1提升至39%。2020年小幅下滑的主要原因是疫情冲击导致一些系抗风险能力弱的内资品牌加速退出市场所致，但是龙头企业的占有率提升，我国国产工业机器人领军企业保持快速发展；从绝对值来看，相比于历史沉淀悠久、拥有核心激素的国外机器人企业，我国数控系统以及工业机器人商业化起步较晚，但领军企业如埃斯顿通过积累底层技术和外延并购优质资产，已经实现了80%的零部件自主供应，具备满足通用化和定制化需求的本体自主设计能力，并能够开发、优化软件算法提升机器人本体质量。从这个角度来看我国工业机器人处于快速替代进口产品的阶段，并且国内工业机器人龙头企业也在开拓海外市场，包括设立研发中心，收并购海外企业，和海外公司进行战略合作，产品出口等，例如美的收购工业机器人“四大家族”之一的库卡机器人，并将其私有化，国内龙头优势有望进一步放大。

图16. 2017-2023年中国工业机器人市场本土与外资品牌竞争格局



数据来源: MDATA, M2 觅途咨询, 中国银河证券研究院整理

减速器发展成熟并能大批量供货给中游机器人整机厂时，双方毛利都会因彼此的协同而得以提升。从全球工业机器人产业链的历史发展角度来看，RV减速器龙头纳博特斯克，作为工业机器人主机厂安川的一级供应商，双方出货量提升时，双方的毛利率也在逐步提升。从理论上来说，景气度向好的市场以及广阔的市场空间是产业链上下游毛利率整体提升的因素之一，其次则是产业链主机与零部件在更好的协同之后，将成本控制在更低的区间范围内，为双方都争取更厚的盈利空间。拟合日本的工业机器人历史订单情况和主机厂、零部件厂商的盈利水平后，也可以发现下游市场快速成长，产业链上下游协同发展，将拉动毛利率逐步提升。

图17. 2022年中国工业机器人市场竞争格局

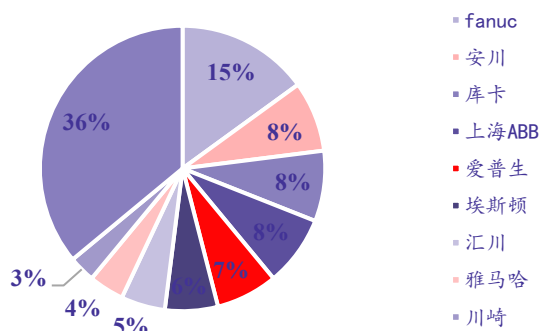
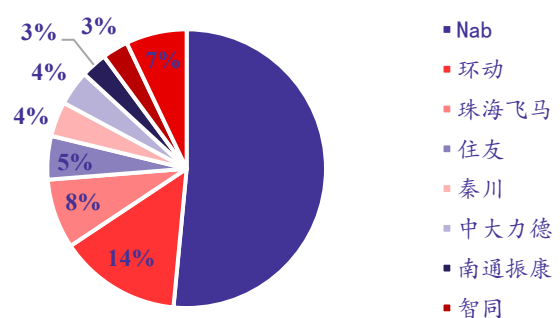


图18. 2022年中国工业机器人RV减速器市场竞争格局



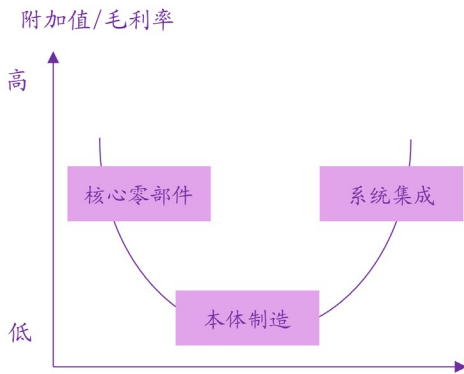


资料来源：MIR，中国银河证券研究院整理

资料来源：GGII，中国银河证券研究院整理

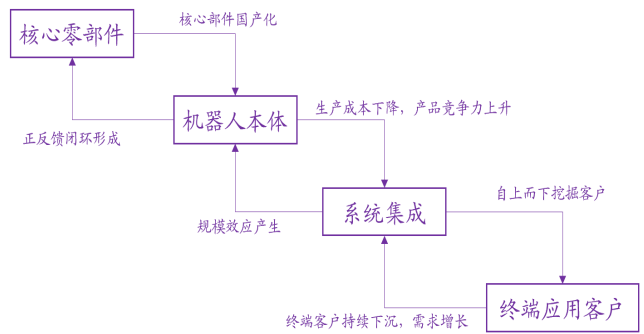
随着我国工业机器人产业链的蓬勃发展以及核心零部件的逐步国产替代，未来产业链协同下的互惠共赢局面指日可待。工业机器人产业链各环节毛利率呈微笑曲线，随着中国减速器技术不断突破，国产减速器逐渐放量，与其中游的整机厂进行协同后，双方毛利也将会得到提升。工业机器人产业链联系紧密，且传导作用明显，中国实现核心零部件国产化后，中游机器人本体的成本将大幅下降，产品竞争力可有效提升，本体成本的降低将带动系统集成解决方案价格的降低，从而缩短应用端工业自动化生产设备改造投资回收期，使得工业机器人在制造业的渗透率提升，需求也相应增加。终端客户需求大幅增长将传导至中上游形成规模效应，进一步促进全产业链降本，同时推动中上游技术与质量双升，促进中国工业机器人企业竞争力进一步加强。

图19. 各环节附加值水平



资料来源：MIR，中国银河证券研究院整理

图20. 工业机器人产业链协同发展



资料来源：中国银河证券研究院整理

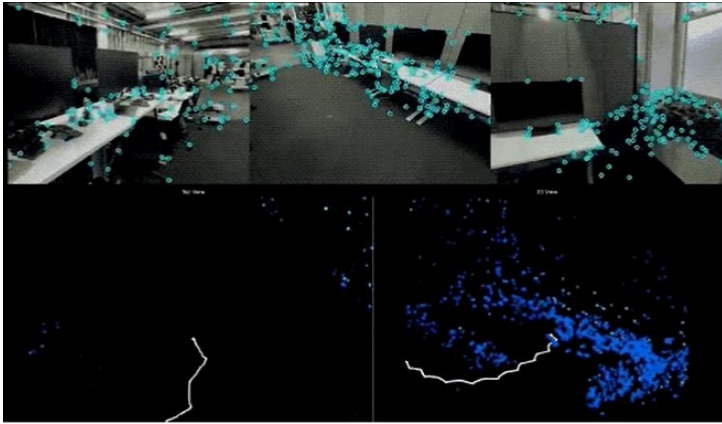
因此，随着我国工业机器人主机厂如埃斯顿等公司在市场中崭露头角、瓜分市场份额，同时我国核心零部件厂商也不断进行技术研发与革新，形成上下游产业链协同发展，互惠共赢，增厚盈利的成长期将不日到来。

### 3、机器视觉作为产业链前端或将率先受益

机器视觉是 AI 深度学习的一种应用与技术方向，无论是人形机器人还是智能驾驶都是机器视觉的落地方向之一。特斯拉最著名的 AI 算法便是其机器视觉中的纯视觉解决方案，并在人形机器人的制造中使用了该算法。特斯拉 Optimus 的眼睛是 Autopilot 摄像头，胸腔内是特斯拉 FSD 芯片，此外，前文提到的多摄像头视觉架构的深度学习神经网络架构，包括规划、自动标注、仿真、Dojo 训练也都会用于开发 Bot。



图21. 特斯拉视觉导航系统：采用汽车同款神经网络，自主识别行驶区域



资料来源：特斯拉，中国银河证券研究院

ChatGPT 催生了人工智能发展新浪潮，具身智能机器人将成为人工智能终极形态。具身智能是指具备感知和理解环境的能力，能够与物理世界进行交互，并具备行动能力以完成任务的智能体。相对而言，“离身”是指认知与身体分离，比如 ChatGPT，仅能对语言文本进行理解与对话，无法对真实物理世界产生影响。正是 ChatGPT 的出现使得人工智能拥有了“大脑”，而高度发达的“大脑”对于身体功能提出了更高要求，因此，具身智能机器人是人工智能发展的下一个浪潮，将成为机器人发展的终极目标，也是人工智能的终极形态。

表2. 具身智能机器人演化路径：完成由“不动”、到“固定动”、再到“自由动”的技术变革

发展阶段	特点	应用	规模
初级机器人	基本不动+重复执行	机械手、轨道机器人等	约 50 万个/年
中级机器人	行走+独立执行	清洁、环卫、仓储搬运，室内外配送机器人等	未来达到 1000 万/年
具身智能机器人	自主行走+自主执行	人形机器人等	未来与人类比例超过 1: 1，总量将达 100-200 亿

数据来源：中国银河证券研究院整理

具身智能机器人将沿“大脑先行、感知突破、身体完善、优化迭代”的方向发展，从而带来人工智能“眼睛”的爆发式发展。人形机器人需要做到具备人类的三大核心能力：用于思考和推理的“大脑”，用于感知世界的“感觉”，用于与世界交互的“身体和手脚”。当前，GPT、数据、算力等技术的发展给大脑提供了极佳的土壤，已高度智能化，能够处理视觉图像、语音、文本等等信息的多模态大模型也纷纷出现，当机器人具备多模态信息处理能力时，对感知突破的需求自然也呼之欲出，尤其是视觉。当感知能力实现高度智能化后，再推动“手脚”等运动执行器的改进，完善机器人本体，最后在实践中不断优化迭代，拓展应用领域，加速商业化进程。

在 AI 大脑的基础上，视觉将迈出机器人智能化的第一步。一方面视觉信息是多模态信息

的必要组成部分，二是与人类类比来看，人类感官获取信息的 83%来自视觉，11%来自听觉、3.5%来自嗅觉，而 1.5%来自触觉，1%来自味觉。因此视觉的发展对于拓展人形机器人的应用领域、提高工作效率具有重大作用。此外，由于嗅觉和味觉的感知需要传感器和特定类型的分子进行反应等进行测定，难以做到“非侵入式”和“不损耗”，技术难度较高，因此目前大部分研究还停留在实验室阶段。

图22. 具身智能机器人发展阶段：机器人视觉开启智能化的第一步

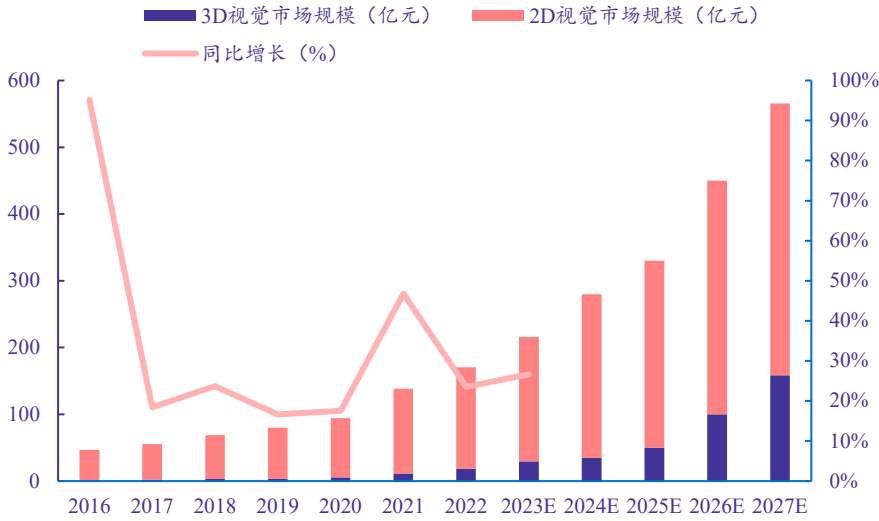


数据来源：奥比中光，特斯拉，Boston Dynamics，中国银河证券研究院整理

具身智能机器人所需要的机器人视觉，是类人眼的小型化、3D 的嵌入式器件，**带动机器人视觉向机器人视觉不断进化，相比传统机器视觉更加 3D 化、高度集成化、场景复杂化。**在视觉方面，传统 2D 视觉只能应用在“可控规范”的环境中，比如工业产线，3D 视觉具备毫米级甚至更高精度的视觉能力，可以对真实物体场景进行高精度扫描与还原。在设备方面，传统机器视觉设备各个部件体积庞大，导致整体体积大、成本高，无法应用于需要广泛普及的具身智能机器人中。在使用场景方面，具身智能机器人所面向的是未知的复杂场景或变化场景，导致单一视觉传感器无法满足需求，另外为了应付变化场景，要求具备极高鲁棒性的智能视觉算法。

GGII 数据显示，2022 年中国机器视觉市场规模达到 170.65 亿元，同比增长 23.51%，预计 2023 年 市场规模达 216.17 亿元，2027 年将增至 565.65 亿元。当前，中国机器视觉市场以 2D 机器视觉为主，2022 年 2D 机器视觉市场规模突破 150 亿元，预计 2023 年 2D 机器视觉市场规模将达 186.88 亿元。随着具身智能机器人对视觉的要求越来越高，3D 机器视觉的市场规模将进一步增加，2022 年中国 3D 机器视觉市场规模达到 18.40 亿元，预计 2023 年 3D 机器视觉市场规模将达 29.29 亿元，2027 年达到 158.5 亿元。

图23. 2016-2027年中国机器视觉市场规模及预测



数据来源: GII, 中国银河证券研究院

从整体行业格局来看,我国机器视觉内外品牌竞争激烈,近年来,国内机器视觉企业研发力度不断加大,技术水平持续提高,国产化替代进程加速,目前国产份额已经超过外资,GGII数据显示,2022年中国市场机器视觉内外资占比分别58.52%和41.48%。从细分市场来看,机器视觉属于“工艺密集+技术密集型”的行业,中国机器视觉行业发展较晚,但在传统制造业自动化与数字化转型升级的驱动以及中国机器视觉技术不断更新迭代的背景下,本土厂商的市场份额持续增加,国产替代进程加速,根据GGII统计,2021年中国市场机器视觉各大核心部件的国产化份额均已超过70%,其中光源国产化率超过90%,镜头国产化率80%左右,工业相机国产化率超过70%。

表3. 中国机器视觉行业竞争格局

市场拆分	竞争状况	国内外主要企业
成像	光源	国内企业已占据主导地位 CCS(日)、AI(美) 奥普特、纬朗光电
	镜头	高端依赖进口,国内企业竞争低端市场 施耐德(德)、KOWA(日)、Navitar(美) 普密斯、福光股份、奥普特
	工业相机	欧美品牌主导,国产逐步替代 康耐视(美)、基恩士(日)、欧姆龙(日) 海康机器人、大华
图像处理分析	图像处理软件	底层算法难度巨大,国内厂商以二次开发为主 康耐视(美)、基恩士(日) 凌云、海康机器人、大恒、奥普特
设备	测量	技术水平接近国际水平,但规模远小于海外龙头 海克斯康(瑞)、基恩士(日) 天准科技、智泰科技
	检测	基恩士(日)、DWFritz(美) 天准科技、矩子科技、精测电子

资料来源:乐晴智库,中国银河证券研究院整理

#### 4、核心标的：关注机器人核心零部件公司发展机遇

**绿的谐波：**苏州绿的谐波传动科技股份有限公司成立于2011年，2020年8月于科创板成功上市。公司是一家专业从事精密传动装置研发、设计、生产和销售的高新技术企业，产品包括谐波减速器、机电一体化执行器及精密零部件。公司产品广泛应用于工业机器人、服务机器人、数控机床、航空航天、医疗器械、半导体生产设备、新能源装备等高端制造领域。

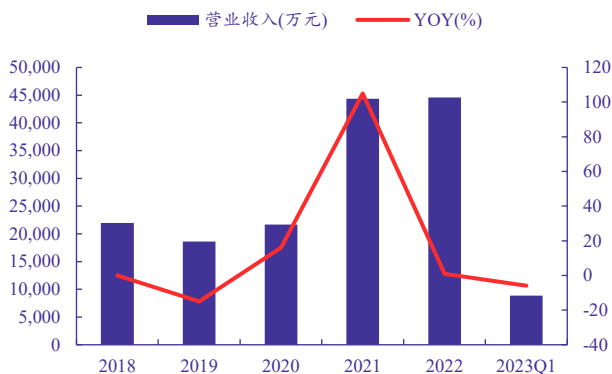
表4. 绿的谐波主要产品

业务类型	产品种类案例				
谐波减速器					
	型号：LCD	型号：LCS	型号：LHD	型号：LHS	
	机电一体化执行器				
		旋转执行器	谐波数控转台：第四轴	谐波数控转台：第五轴	无框力矩电机

数据来源：绿的谐波公司官网，中国银河证券研究院整理

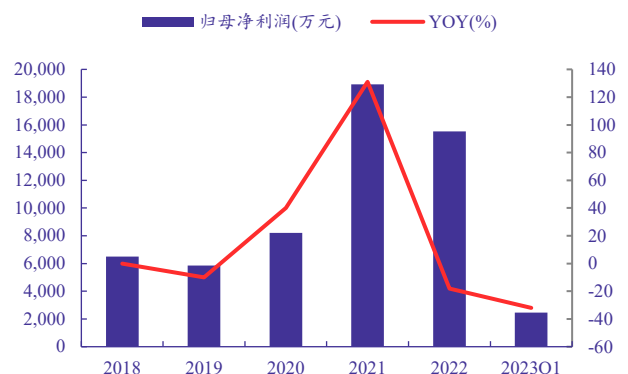
2022年业绩稳定增长，公司盈利能力略有下降。根据公司2022年年报显示，公司业绩小幅增长，但归母净利润相比去年有所下降。2022年公司营业收入为4.46亿元，同比增长0.54%；归母净利润为1.55亿元，同比降低17.91%。盈利能力方面，公司2022年销售毛利率、净利润分别达到48.69%和35.09%，同比下降7.29%与18.16%。

图24. 2018-2023Q1 绿的谐波业绩情况



数据来源：iFind，中国银河证券研究院整理

图25. 2018-2023Q1 绿的谐波盈利情况

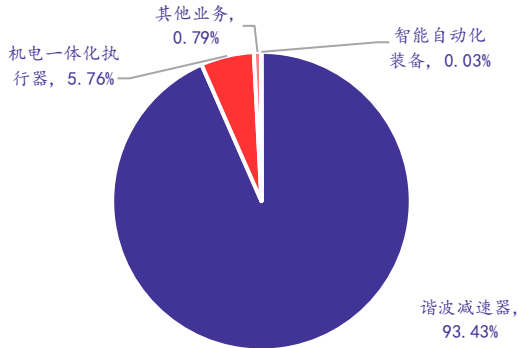


数据来源：iFind，中国银河证券研究院整理

谐波减速器仍是业绩主要贡献者，机电一体化业务实现较大增长。从公司业务构成来看，2022年公司谐波减速器产品营收4.16亿元，占比约93%，是收入来源的主要贡献产品。2022年公司机电一体化产品营收达到2565.82万元，同比增长14.11%，占2022年公司营业总收入

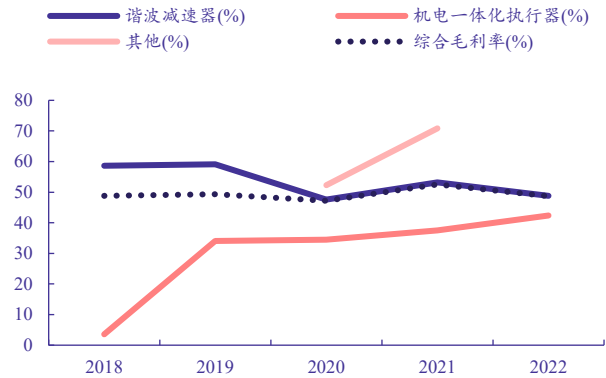
的 5.65%，未来有望成为公司业绩新的增长点。

图26. 2022 年绿的主营业务情况



数据来源: iFind, 中国银河证券研究院整理

图27. 2018-2022 年绿的谐波各业务毛利率情况



数据来源: iFind, 中国银河证券研究院整理

公司是国内谐波减速器生产龙头，在精密传动领域深入研发二十年，在工业机器人谐波减速器领域最早实现了产品的国产替代，具有核心竞争力，公司客户遍布海内外知名企业。公司 20 亿定增项目投资于数控机床、医疗等高端装备下游行业，积极寻求公司转型。基于上述对公司精密传动领域竞争力的描述与公司广泛、稳定的客户来源，我们认为基于细分子行业的成长属性，公司未来业绩仍然有望稳步增长。

**中大力德：**中大力德是从事机械传动与控制应用领域关键零部件的研发、生产、销售和服务的高新技术企业，主要产品包括精密减速器、传动行星减速器、各类小型及微型减速电机等，为各类机械设备提供动力传动与控制应用解决方案。

自设立以来，公司一直从事减速器、减速电机等核心零部件的生产和销售，相继推出微型无刷直流减速电机、精密行星减速器、滚筒电机、RV 减速器、谐波减速器、伺服电机、伺服及无刷驱动器等新产品。并形成了减速器+电机+驱动一体化智能执行单元核心零部件的产品架构，实现了产品结构升级。

表5. 中大力德主要产品

业务类型	产品种类案例
永磁直流电机	   
	60 外径 10W 平行轴直流有刷减速电机      SL 型无刷减速电机      90 系列直流无刷减速电机-120W      外径 62 直流无刷行星减速电机



机器人减速器



BX-RCA 中空带法兰型摆线针轮精密减速器



BX-REA 带法兰款摆线针轮精密减速器



BX-RVC 中空款摆线针轮精密减速器



BX-RVE 系列摆线针轮精密减速器

交流减速电机



1#齿轮减速电机出轴直径18mm



2# B型法兰三相异步齿轮减速电机直径22mm



F2 系列准双曲面齿轮减速电机

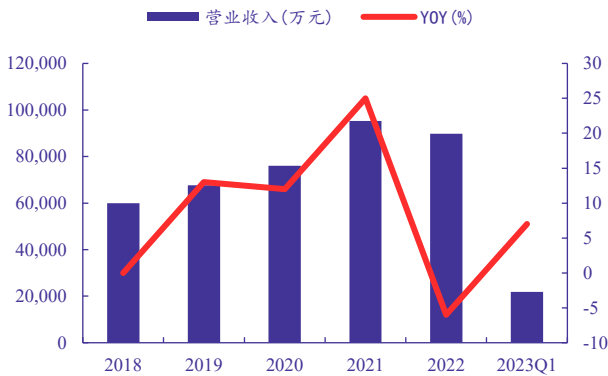


F3 系列准双曲面齿轮减速电机

数据来源：公司官网，中国银河证券研究院整理

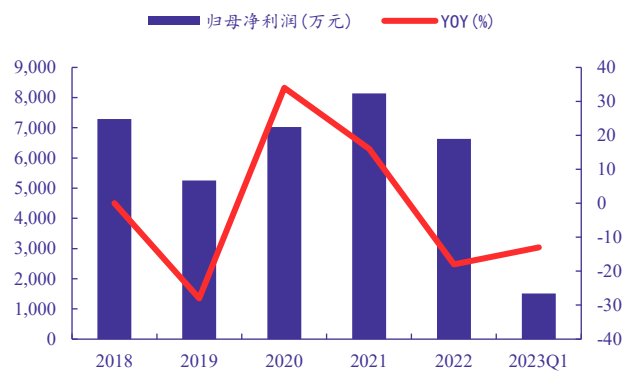
公司 2022 年营业收入 8.98 亿元，同比下降 5.81%，归母净利润 6636.36 万元，同比下降 18.43%。分地区看，国内业务收入 8.08 亿，同比下降 8.02%；国外业务实现营业收入 0.89 亿，同比上升 20.34%。公司 2022 年销售毛利率 24.10%，同比有所下滑。主要原因是减速器业务毛利率下滑较大。

图28. 2018-2023Q1 中大力德业绩情况



数据来源：iFind，中国银河证券研究院整理

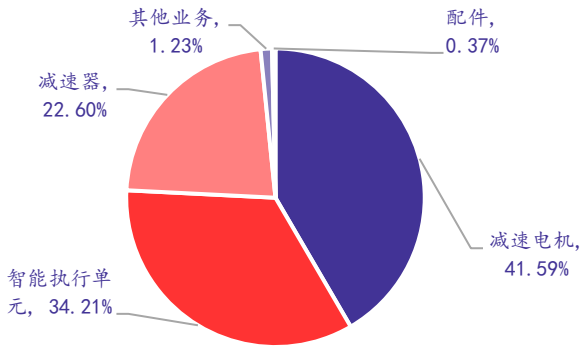
图29. 2018-2023Q1 中大力德盈利情况



数据来源：iFind，中国银河证券研究院整理

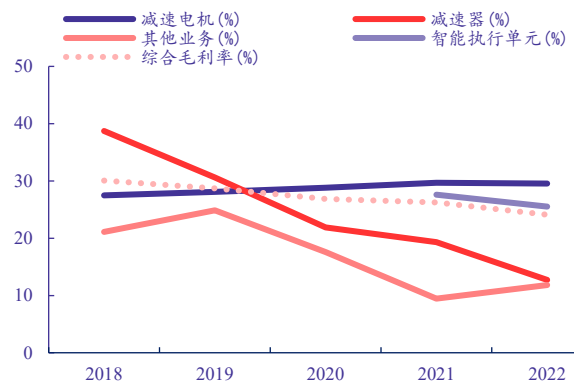
2022 年智能执行单元实现营业收入 3.07 亿元，成为公司新的重要收入来源。2022 年，其减速电机、智能执行单元和减速器累计贡献营业收入 8.83 亿元，较 2021 年下降 5.66%；智能执行单元占营业收入的比例同比增加 121.60%，减速电机和减速器占比分别下降 25.97%和 15.37%。

图30. 2022年中大力德主营业务情况



数据来源: iFind, 中国银河证券研究院整理

图31. 2018-2022年中大力德各业务毛利率情况



数据来源: iFind, 中国银河证券研究院整理

中大力德是国内减速电机与机器人减速器优势企业, 立足智能化、自动化装备核心零部件设计制造, 实现国内RV减速器、谐波减速器的领头突破, 形成驱动器、减速器、减速电机、机器人结构本体等一体化系统, 产品远销全球60多个国家和地区。基于上述分析, 我们认为公司在行业内具有核心竞争力, 未来业绩有望稳步提升。

## (二) 液冷设备: AIGC 发展带动算力需求, 液冷方案渗透率有望提升

### 1、液冷技术对比

液冷是指使用液体取代空气作为冷媒, 为发热部件进行换热, 带走热量的技术。按照液体与发热器件接触方式, 液冷技术主要分为冷板式、浸没式和喷淋式三种。其中, 浸没式和喷淋式液冷等为接触式液冷, 冷板式液冷为非接触式液冷。冷板式液冷通过铜、铝等导热性较好的金属构成的冷板散热器, 将发热元器件的热量传导给散热器中的冷却液体。浸没式液冷是服务器完全浸入冷却液中, 全部发热元件热量直接传递给冷却液, 通过冷却液循环流动或蒸发冷凝相变进行散热的一种方式。喷淋式液冷是用冷却液直接喷淋芯片等发热单元, 通过对流换热进行散热。

表6. 液冷技术路线比较

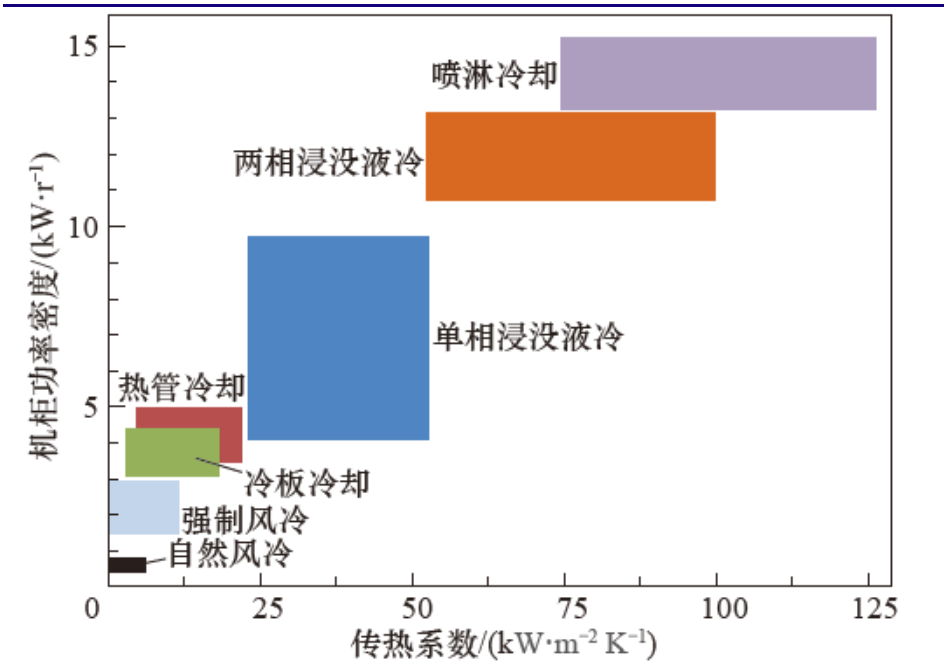
	冷板式	浸没式	喷淋式
接触方式	间接	直接	直接
改造成本	较低	较高	中等
建设成本	主要成本为换热系统和冷却系统, 成本适中	冷却液用量大, 相比冷板式成本较高	通过改造机柜, 增加必须装置, 成本较少
可维护性	优秀	较差	中等
空间利用率	较高	中等	最高
兼容性	未与主板和芯片模块进行直接接触, 材料兼容性较强	直接接触, 材料兼容性较差	直接接触, 材料兼容性较差
冷却效果	较好	优秀	优秀

安装便捷程度	不改变服务器主板原有形态，保留现有服务器主板，安装便捷	改变服务器主板原有结构，需重新安装	不改变服务器主板原有形态，安装便捷
可循环	采用双路环状循环对冷冻液进行二次利用，降低运营成本	通过室外冷却装置进行循环，降低运营成本	采用循环泵，实现资源再利用，降低运营成本
PUE	1.17-1.30	1.05-1.08	1.05-1.10

资料来源：华经产业研究院，中国银河证券研究院

传统的散热方式是使用空调为整个机房进行制冷以及采用风扇直吹服务器发热部件，通过空气将热量带走。由于液体的比热容高，所以其热传导效果大大高于空气的效果，是空气的25到1000倍，热传导效果更快、更优。传统风冷最高可冷却30kW/r的机柜，对于30kW/r以上功率密度的机柜无法做到产热与移热速率匹配，会使机柜温度不断升高导致算力下降甚至损害设备。

图32. 冷却技术对比



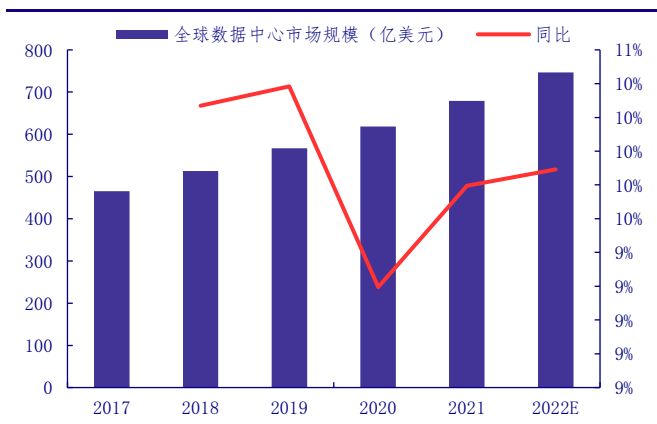
资料来源：《绿色高效数据中心散热冷却技术研究现状及发展趋势》，中国银河证券研究院

## 2、AI 算力提升推动数据中心单机柜功率增长，打开液冷设备需求空间

### (1) 我国数据中心规模快速发展，大型化趋势显著

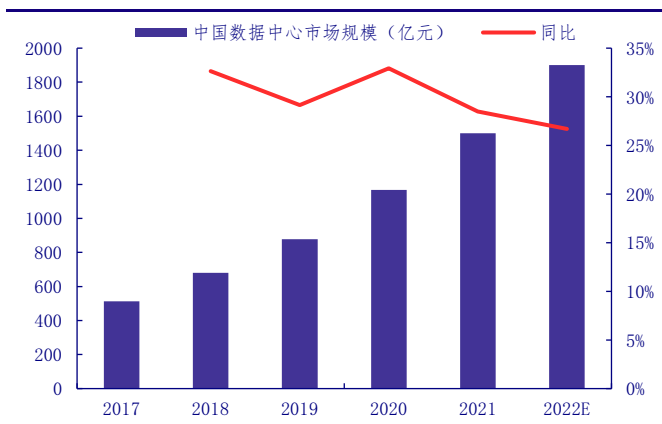
全球数据中心市场规模快速增长，国内市场年均增速达30%。2021年全球数据中心市场规模超过679亿美元，较2020年增长9.8%。预计2022年市场收入将达到746亿美元。受新基建、数字化转型及数字中国远景目标等国家政策促进及企业降本增效需求的驱动，我国数据中心业务收入持续高速增长。2021年，我国数据中心行业市场收入达到1500亿元，近三年年均复合增长率达到30.69%。

图33. 全球数据中心市场规模



资料来源：中国信通院，中国银河证券研究院

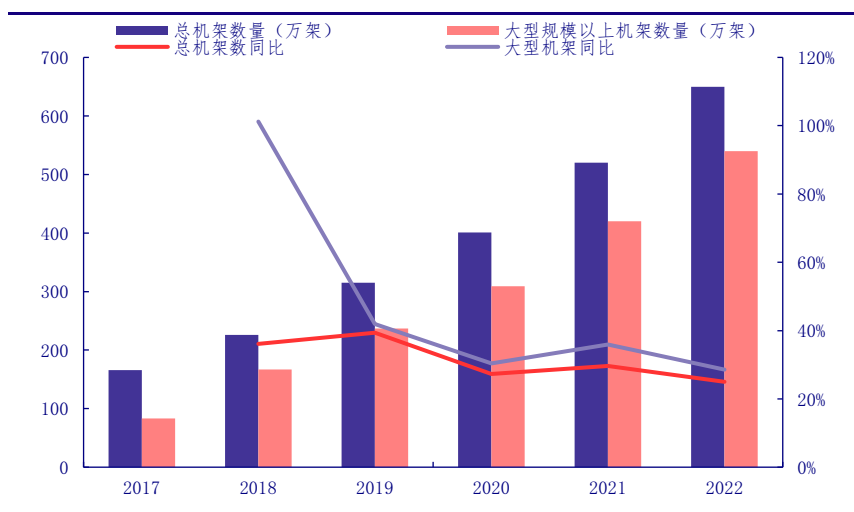
图34. 中国数据中心市场规模



资料来源：中国信通院，中国银河证券研究院

随着移动互联网、云计算、大数据的蓬勃发展，以及数字中国和大数据等国家战略的落地，我国数据中心发展迅速，机架规模持续稳步增长。按照标准机架 2.5kW 统计，截止到 2022 年年底，我国在用数据中心机架规模达到 650 万架，近五年年均复合增速超过 30%；算力总规模为 180EFL0PS (FP32)，排名全球第二。其中，大型以上数据中心机架规模增长更为迅速，按照标准机架 2.5kw 统计，机架规模超过 540 万架，占比超 80%。

图35. 中国数据中心机架规模

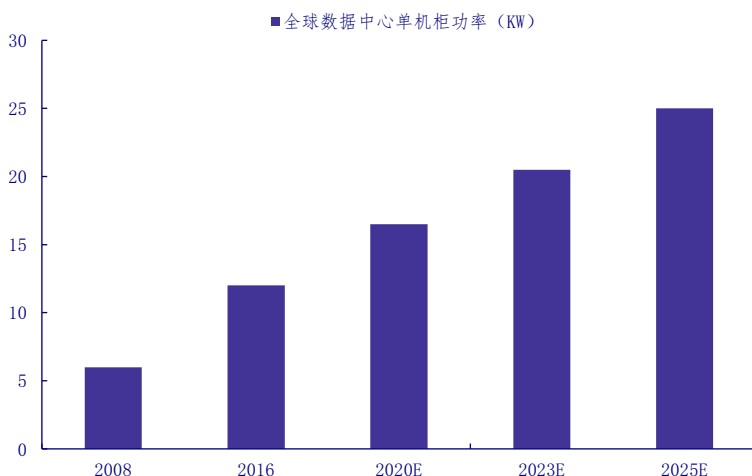


资料来源：工信部，中国信通院，中国银河证券研究院

## (2) 单机柜功率密度不断增长，传统风冷散热效率亟待提升

AIGC、5G、云计算等行业的飞速发展催生对算力需求的提升。随着摩尔定律变缓，芯片算力与功耗同步大幅提升。2022 年 Intel 第四代服务器处理器单 CPU 功耗已突破 350 瓦，英伟达单 GPU 芯片功耗突破 700 瓦，AI 集群算力密度普遍达到 50kW/柜。芯片算力密度提升带来单柜功耗上升，根据 Colocation America 数据，2020 年全球数据中心单机柜平均功率达到 16.5kW，较 2008 年增长了 175%。赛迪顾问预计，随着数据中心算力飞速提升高功率单机柜将迅速普及，预计 2025 年，全球数据中心单机柜平均功率有望达到 25kW。

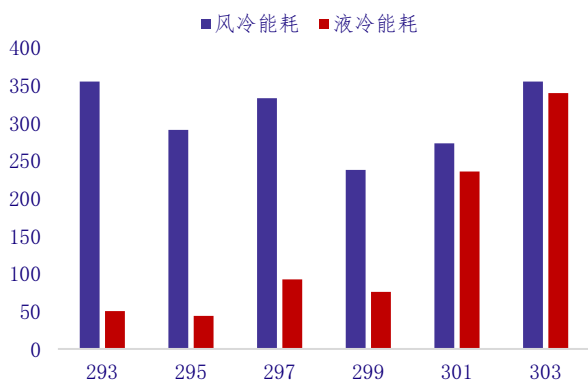
图36. 数据中心单机柜功率变化情况



资料来源：赛迪顾问，中国银河证券研究院

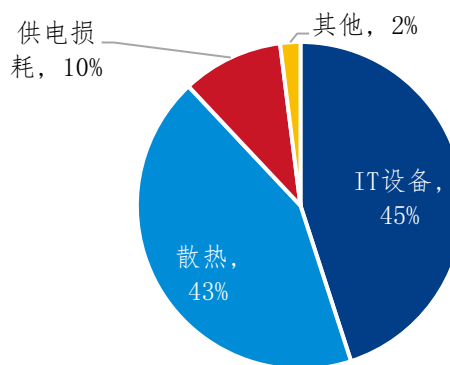
**散热占数据中心能耗超 40%，提高散热效率重要性凸显。**根据赛迪顾问统计，2019 年中国数据中心能耗中，约有 43%是用于 IT 设备的散热，基本与 45%的 IT 设备自身的能耗持平，减少散热功耗以降低数据中心运营成本已势在必行。与风冷系统相比，液冷散热效率更高，在 290-300 度区间的相同温度下，液冷能耗是风冷的 15%-30%。

图37. 风冷与液冷能耗对比 (单位：瓦)



资料来源：观研天下，中国银河证券研究院

图38. 中国数据中心能耗结构

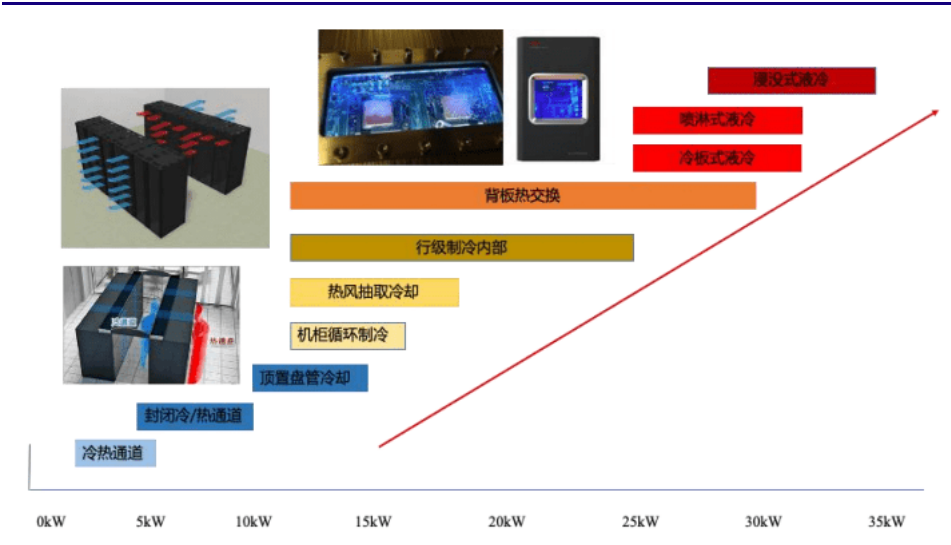


资料来源：赛迪顾问，中国银河证券研究院

**传统风冷散热效率逼近天花板，液冷方式势在必行。**根据英特尔数据，采用传统风冷散热的数据中心通常可以解决 12kW 以内的机柜制冷。随着服务器单位功耗增大，原先尺寸的普通服务器机柜可容纳的服务器功率往往超过 15kW。相对于现有的风冷数据中心，液冷技术作为一种散热能力更强的技术可以支持更高的功率密度。



图39. 单机柜密度和冷却方式

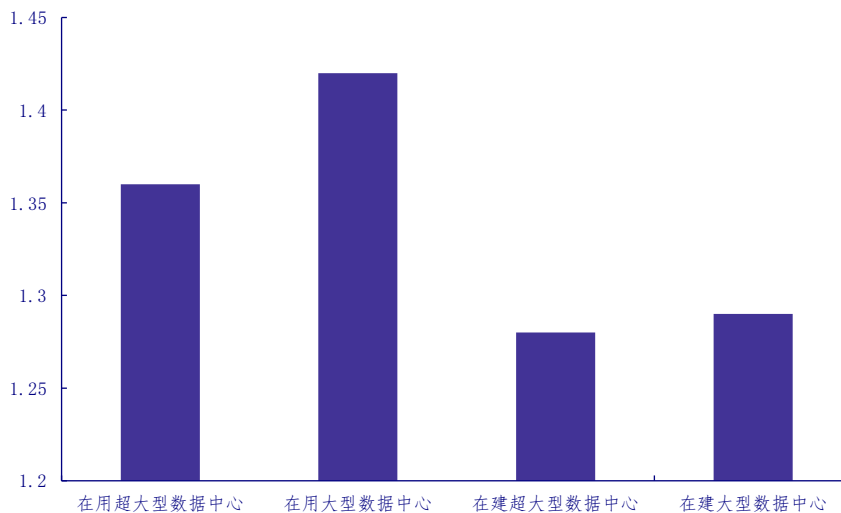


资料来源：赛迪顾问，中国银河证券研究院

### (3) 我国数据中心 PUE 要求趋严，温控设备需求有望持续提升

截至 2022 年底，全国在用超大型数据中心平均 PUE 为 1.36，大型数据中心平均 PUE 为 1.42，最优水平达到 1.02。全国规划在建数据中心平均设计 PUE 为 1.32 左右，超大型、大型数据中心的平均设计 PUE 分别为 1.28、1.29。

图40. 全国超大型、大型数据中心 PUE 情况



资料来源：中国信通院，中国银河证券研究院

降低 PUE 成为数据中心发展的必然趋势，我国 PUE 上限降至 1.3。近年来国家相继出台一系列与数据中心建设相关的政策，对电能利用效率（PUE）提出明确的规定。工信部《新型数据中心发展三年行动计划(2021-2023 年)》要求新建大型及以上数据中心 PUE 降低到 1.3 以下，严寒和寒冷地区力争降低到 1.25 以下。“东数西算”工程要求张家口、韶关、长三角、芜

湖、天府、重庆集群的 PUE 在 1.25 以下，林格尔、贵安、中卫、庆阳集群的 PUE 在 1.2 以下。PUE 的不断降低对数据中心温控设备提出更高要求，有望推动对散热效率更高的液冷设备需求增长。

图41. 数据中心 PUE 要求相关政策



资料来源：各部门网站，中国银河证券研究院

#### (4) 市场空间测算

《新型数据中心发展三年行动计划(2021-2023 年)》中要求全国数据中心机架规模年均增速保持在 20%左右，按 2022 年我国机架总数 650 万架，标准机架 2.5kW 计算，则平均每年新增机架功率 325 万 kW。目前冷板式液冷价格约 6000 元/kW，浸没式液冷价格约 12000 元/kW，假设到 2025 年液冷方案渗透率达到 50%，其中冷板式占比 60%，浸没式占比 40%；液冷设备价格每年降幅 10%；则 2025 年液冷设备市场规模为 143.29 亿元。

表7. 数据中心液冷设备市场空间测算

	2022	2023	2024	2025
总机架数 (万架)	650	780	936	1123.2
年新增机架数 (万架)	130	130	156	187.2
年新增功率 (万 kW, 按标准机架 2.5kW 计算)	325	325	390	468
液冷渗透率	20%	30%	40%	50%
其中：冷板式	90%	80%	70%	60%
浸没式	10%	20%	30%	40%
冷板价格 (元/kW)	6000	5400	4860	4374
浸没式价格 (元/kW)	12000	10800	9720	8748
液冷设备规模 (亿元)	42.90	63.18	98.56	143.29

资料来源：中国银河证券研究院

#### (5) 相关标的

表8. 液冷设备相关标的

企业	简介
----	----

英维克 (002837.SZ)	国内领先的精密温控节能设备的提供商，公司主要从事精密温控节能设备的研发、生产、销售，拥有数据中心温控节能、户外机柜温控节能、新能源车用空调的产品线，广泛应用于数据中心、通信、智能电网、储能电站、新能源车、工业自动化等下游行业。
申菱环境 (301018.SZ)	公司致力于为数据服务产业环境、工业工艺产研环境、专业特种应用环境、公共建筑室内环境等应用场景提供人工环境调控整体解决方案。主营业务围绕专用性空调为代表的空气环境调节设备开展，集研发设计、生产制造、营销服务、工程安装、运营维护于一体，下游应用行业包括通信、信息技术、电力、化工、交通、能源、军工与航天等
同飞股份 (300990.SZ)	公司主营业务为工业制冷设备的研发、生产和销售。目前已主要形成了液体恒温设备、电气箱恒温装置、纯水冷却单元和特种换热器四大类产品，应用涵盖多个工业制冷领域。
高澜股份 (300499.SZ)	公司是目前国内领先的电力电子装置用纯水冷却设备专业供应商，主要产品包括直流输电换流阀纯水冷却设备、新能源发电变流器纯水冷却设备、柔性交流输电配电网管阀纯水冷却设备、大功率电气传动变频器纯水冷却设备以及各类水冷设备的控制系统。
曙光数创 (872808.BJ)	公司专注于数据中心领域，在数据中心高效制冷的研发及服务方面积累了较多经验，形成数据中心高效制冷系列化的解决方案；公司为客户提供数据中心机房规划设计，帮助客户实现精确制冷、配电、供电保护、监控以及消防等功能，并通过专门的软件系统实现对机房的实时能效控制，降低客户的运营成本。

资料来源：中国银河证券研究院

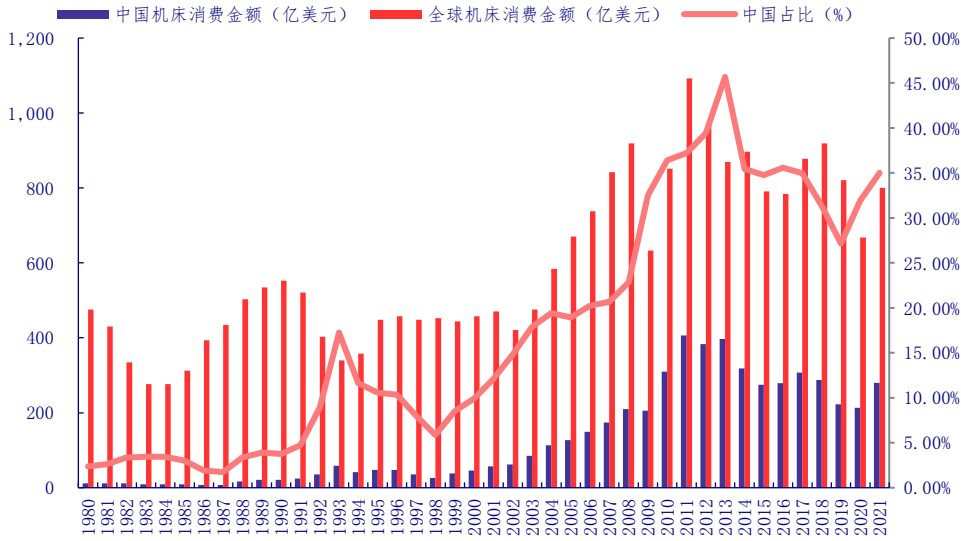
### 三、自主可控领域具备中长期投资价值

#### (一) 工业母机：国之重器，产业链自主可控可期

##### 1、机床行业周期性特征明显，目前处于见底回升阶段

机床行业是一个典型的周期性行业，当前大周期（更新周期）向上，小周期（库存周期）逐步见底回升。机床的一般产品寿命约为10年，因此行业大约每7-10年为一个商业周期，历史上全球消费规模1983年、1993年、2003年、2013年均处于阶段性低点。从10年的大周期来看，2020年全球机床总消费668.17亿美元，中国机床消费金额213.16亿美元，处于近10年最低位，中国及全球市场从2021年开始复苏，2021年机床消费显著提升，分别同比增长19.73%和31.46%，目前仍处于底部回升阶段。中国机床消费占全球比重在2019年下降到低位27.16%后，近两年稳步上升，2021年达到35%。

图42. 近 40 年全球和中国机床消费情况

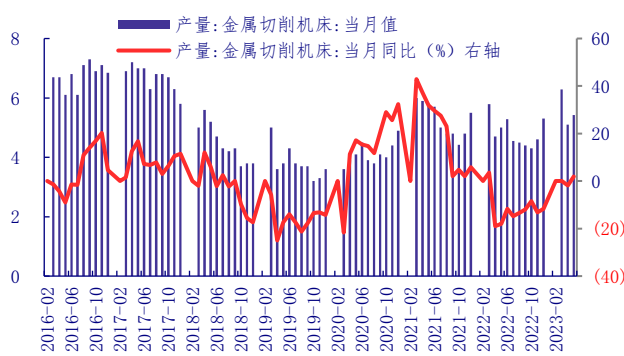


数据来源: Gardner Intelligence, 中国银河证券研究院整理

从小周期维度来看，与注塑机、机器人、激光、工控、通用减速机等通用自动化行业一致，背后是制造业投资的小周期。小周期维度3-4年一轮周期，2019年、2015年、2012年、2009年均为小周期低点。中国金属切削机床2022年以来当月产量增速不断下降，库存压力逐渐释放，2023年1-5月累计产量24.41万台，同比下降2%，2023年5月单月产量5.42万台，同比增长1.9%，自2022年4月以来首次转正。

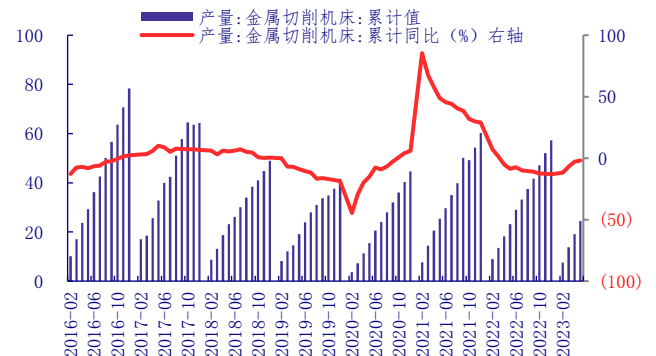
目前中国机床行业处于大、小周期底部回升的交织阶段。展望未来3-5年，一方面且借力国家十四五规划，以高端制造业为导向的制造升级趋势下国内机床消费市场有望持续提升，另一方面国产机床企业技术进步进一步打开出口市场。

图43. 2016-2023年5月中国金属切削机床当月产量



资料来源: WIND, 中国银河证券研究院

图44. 2016-2023年5月中国金属切削机床累计产量



资料来源: WIND, 中国银河证券研究院

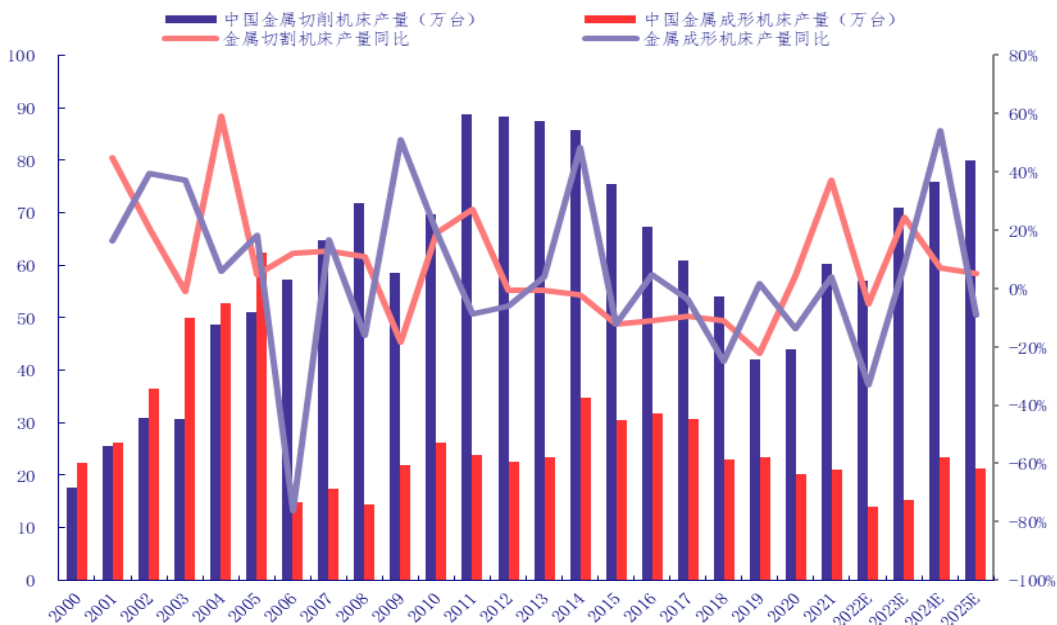
## 2、需求端：上半年通用机床需求较为疲软，看好高端制造业驱动下需求回升

### (1) 2023H1 需求较为疲软，看好未来3-5年需求提升

2023 年上半年通用机床市场需求较为疲软，下游仅航空航天、半导体、光伏等少数行业需求景气度较高。展望未来 3-5 年，我们看好机床需求在制造升级趋势下的提升，另外更新需求在下游需求回升的情况下有望得到较多释放，为机床需求提供弹性。

金属切削机床的需求主要分为两种，第一是更新需求，金属切削机床的设备更换周期一般是 10 年，我们通过将之前 10 年-15 年每年机床产量进行加权计算得出；第二是新增需求，每年中国制造业的扩张都需要新机床设备的购入，我们预计未来 3 年中国制造业投资平均增速为 5%，因此未来 3 年带动的新增需求为 14.01 万台、11.77 万台、12.36 万台。以上加总，得到未来三年金属切削机床需求分别为 71.47 万台、76.43 万台、79.83 万台。金属成形机床我们则认为会稳步恢复，以更换需求为基本逻辑，预计未来三年金属成形机床需求分别为 15.17 万台、23.39 万台、21.28 万台。

图45. 2022-2025 年中国整体机床市场需求预测



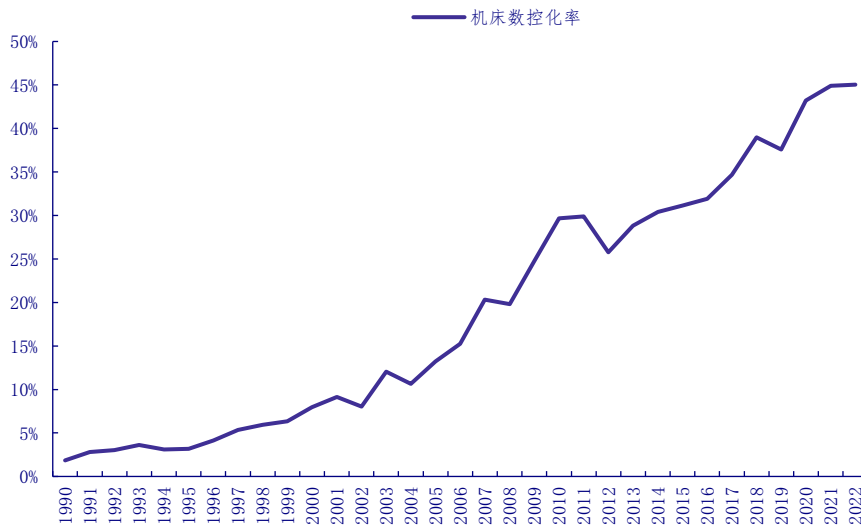
数据来源: WIND, 中国银河证券研究院

## (2) 工业现代化建设持续推进，数控机床占比稳步提升

随着政策对高端制造业的倾斜，数控机床占比稳步提升，2022 年中国机床数控化率为 45%，预计在政策加持和制造业需求下，假设每年提升 3 个百分点，中国数控机床 2023-2025 年的需求为 36.45 万台、41.27 万台、45.50 万台。



图46. 1990-2022 年中国金属切削机床数控化率逐步提升



数据来源：WIND，中国银河证券研究院

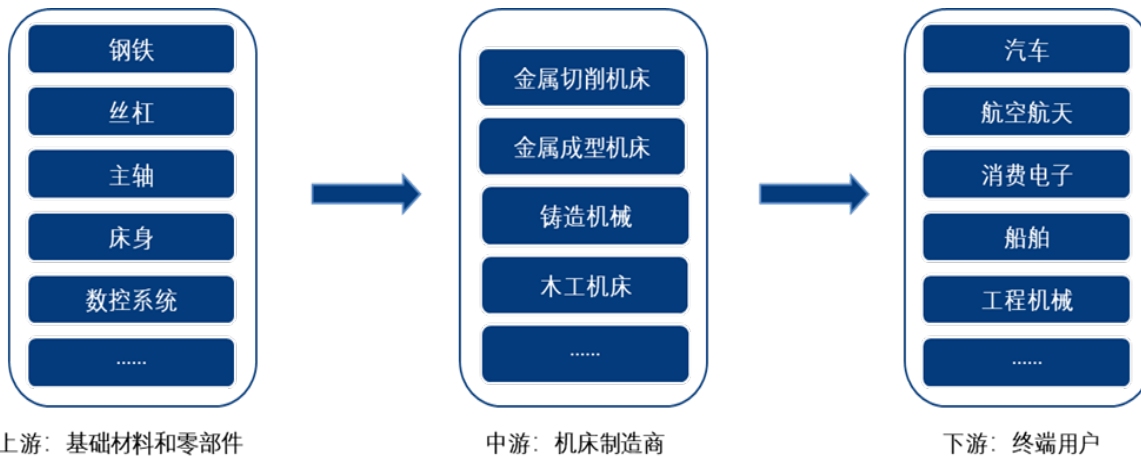
### 3、供给侧：核心零部件、中高端机床依赖进口，但国产化率在提升，国产产能在提升

#### (1) 机床产业链：中游位置承接结合上下游工业产业

机床行业技术水平和产品质量是衡量一个国家装备制造业发展水平的重要标志。机床是对金属或其他材料的坯料或工件进行加工，使之成为所要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的机器，机械产品的零件通常都是用机床加工出来的。机床与其他机器的主要区别在于，机床是制造机器的机器，同时也是制造机床本身的机器，因此机床又被称为母机或工具机。

整个机床产业链上中下游清晰，包括上游基础材料和零部件生产商、中游机床制造商和下游终端用户。上游基础材料和零部件生产商主要为机床制造商提供结构件（铸铁、钢件等）、数控系统、传动系统（导轨、丝杠、主轴等）、核心功能部件、刀库等组成，涉及企业主要包括发那科、西门子、海德汉、三菱、THK、上银、银泰等公司；中游是机床制造商，负责向终端用户提供满足其要求的各种机床或成套的集成产品；终端用户主要是汽车、消费电子、航空航天、船舶、工程机械等领域的公司。

图47. 机床产业链



资料来源: 中国银河证券研究院

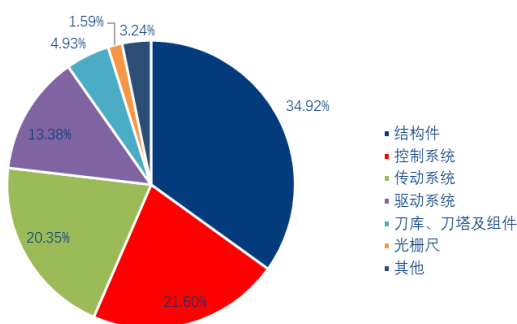
## (2) 机床零部件占比与供应情况

### ■ 上市机床公司核心零部件占比

从机床行业上游来看, 上游零部件可以分为结构件、数控系统、传动系统、功能部件等, 这几部分占据了机床的最主要成本。

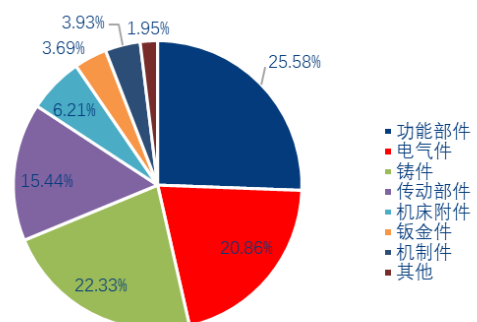
从公司来看, 海天精工机床零部件占比前三为结构件、控制系统和传动系统, 分别占比 34.92%、21.60%、20.35%; 纽威数控机床零部件占比前三为功能部件、电气件和铸件, 分别占比 25.58%、20.86%、22.33%; 国盛智科机床零部件占比前三为机床其他材料、数控系统及配件和钣金类原材料, 分别占比 22.73%、20.17%、20.05%; 科德数控机床零部件占比前三为结构件、传动类和控制系统, 分别占比 39.26%、17.26%、13.11%; 浙海德曼机床零部件占比前三为导轨、数控系统和铸件, 分别占比 26.69%、24.05%、14.82%。

图48. 海天精工机床零部件占比



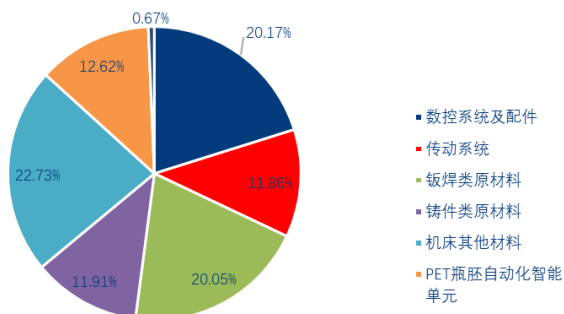
资料来源: 海天精工招股说明书, 中国银河证券研究院

图49. 纽威数控机床零部件占比



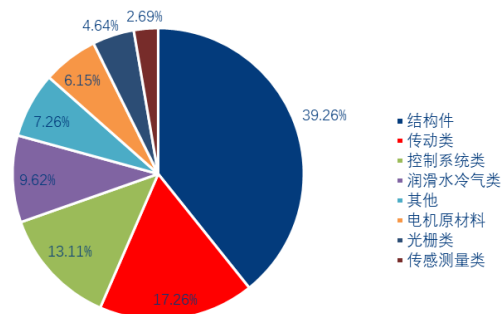
资料来源: 纽威数控招股说明书, 中国银河证券研究院

图50. 国盛智科机床零部件占比



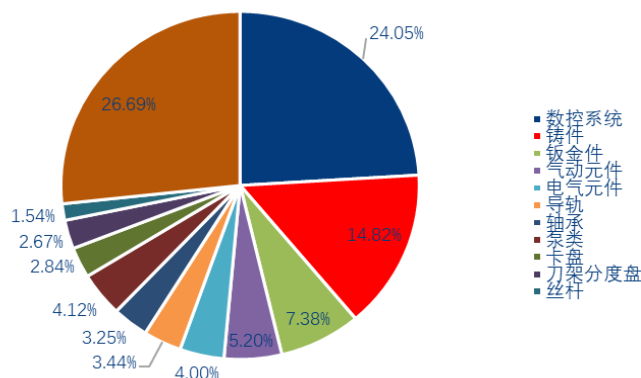
资料来源：国盛智科招股说明书，中国银河证券研究院

图51. 科德数控机床零部件占比



资料来源：科德数控招股说明书，中国银河证券研究院

图52. 浙海德曼机床零部件占比



资料来源：浙海德曼招股说明书，中国银河证券研究院整理

### ■ 零部件供应商

从表中可以看出**数控系统和传动系统均以进口为主**，公司集中在发那科、西门子、HIMIN和台湾银泰等；核心功能部件如转台、刀库、刀塔等是部分进口，部分使用国产品牌，公司集中在台湾宝嘉成、旭阳、常州德速、北钜等。结构件和铸件、钣金件以国产品牌为主，如光洋科技、云科晟数控等。

总的来说，机床的上游核心部件以进口日本、德国的公司为主，非核心部件正在逐步使用国产品牌。

表9. 机床零部件供应商情况

零部件类型	说明	供应商	备注
数控系统	进口为主	进口品牌 发那科 西门子 海德汉	

			三菱	
		国产品牌	华中数控 广州数控	
传动系统（包括丝杠、导轨、主轴、轴承、齿轮）	进口为主	进口品牌	HIMIN（上银） 台湾银泰 PMI（银鼎） INA（依纳） THK NSK 日本 NTN 日本 NACHI 德国 FAG 瑞典 SKF	丝杠、导轨 丝杆、导轨 丝杠、导轨 导轨 丝杠、导轨 轴承 轴承 轴承 轴承 轴承
		国产品牌	汉江工具 江苏启尖 上海莱恩 广东凯特 南京工艺装备 大连凯特乐 常熟长城 洛阳轴承 哈尔滨轴承 昊志机电	丝杠、导轨，秦川机床子公司 丝杆 丝杆 丝杠、导轨 丝杠、导轨 轴承 轴承 轴承 轴承 主轴
核心功能部件（转台、刀塔、刀库、齿轮箱、铣头、直角头、万向头、摆头、光栅尺、编码器等）	部分进口，部分自制	进口品牌	台湾宝嘉诚 台湾旭阳 台湾德川 台湾亘隆 大岛川 德大 台湾吉辅 六鑫刀塔 台湾迈坤 ZF（采埃孚） 德国斯德博 意大利 BF	转台 转台 转台 转台 刀库 刀库 刀库 刀塔 刀塔 齿轮箱 齿轮箱 齿轮箱
		国产品牌	常州德速 北钜 常州新墅 烟台环球	转台、刀库 刀库 刀塔 刀塔
结构件（包括接触器、继电器、电阻器、	一般外采	国产品牌	光洋科技	

按钮、行程开关等)				
铸件、板焊件、润滑 水冷、传动类	外采或自制	国产品牌	云科晟数控 毅鸣通数控 银德机械 哒详数控设备	

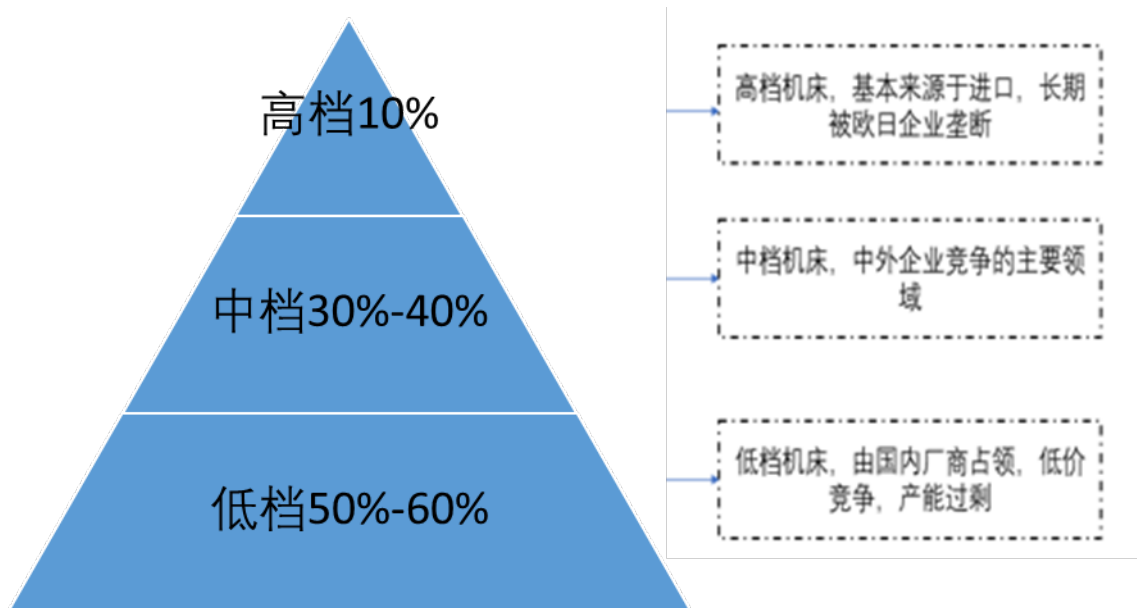
资料来源：上市机床公司招股说明书、中国银河证券研究院整理

## 4、机床中高端划分及竞争格局

### (1) 机床中高端划分

目前我国的机床消费市场按照档次分大致呈金字塔结构，底部是低档机床，占比 50-60%，由国内厂商占领，主要通过打价格战来竞争，产能过剩；中部是中档机床，占比 30-40%，是目前中外企业竞争的主要领域；而顶部是高档机床，占比 10%，基本来源于进口，长期被欧日企业垄断。

图53. 我国机床消费档次划分



资料来源：中国银河证券研究院

中国机床消费市场的国产化率在经过 2003-2008 年快速提升后，一直在 70%左右的水平波动，国产化率有待提高，高端设备进口替代空间弹性更大。根据 Gardner Intelligence 的数据，2021 年中国机床进出口金额为 82.4 亿美元，占消费总量的 29%，整体的国产化率 71%。而高性能、高精密度的高档数控机床的国产化率更低。由于低档机床主要由国产厂商提供，我们假设进口机床集中在中高档，则中高档机床国产化率仅为 20%-30%。

近年来，国内中高档数控机床市场亦出现了一批具备核心技术的新兴民营机床企业，其产品得到市场的广泛认可，综合竞争力大幅提高，民族品牌开始崛起，逐渐形成进口替代趋势。另外，在中美贸易战的大背景下，由于美国以各种理由，特别是在高科技领域限制中国的全球



化进程，这使得国内行业供应链被迫进行调整，加速了进口替代的进程。

## （2）国内机床企业竞争格局

**集中度低：**我国虽为机床大国，根据 Gardner Intelligence 的数据，2021 年中国机床消费市场金额是 280 亿美元（1960 亿人民币），但大而不强，行业集中度较低，截至 2021 年，我国金属切削机床企业仍有 931 家，金属成形机床仍有 544 家，行业内企业普遍规模较小。

**中高端国产化率低：**我们定义数控金属切削机床销量为中高端，则销量的 45% 为中高端，中高端金额更高，假设 70% 的金额占比为中高端，则中高端市场规模约为 900 亿，进口的 82.4 亿美元（约 600 亿）均为中高端，则国产中高端市占率约为 1/3。

## （3）重点企业扩产计划

为响应国家十四五规划，我国机床生产企业积极进行以高端数控机床为主的产能扩增计划。截至目前，纽威数控的三期中高端数控机床产业化项目已经在 2022 年 8 月建成投产，预计年增产能 2000 台，四期项目已规划；国盛智科的中高档数控机床生产项目也已大致完成建设阶段，预计 2023 年将达到 50% 设计产能，2024 年实现达产；科德数控的面向航空航天高档五轴数控机床产业化能力提升工程已完成厂房建造与改造装修阶段，正在安装与调试设备；创世纪、秦川机床和海天精工也有相应的扩产计划。

综上，这些项目达产以后，我们保守预计年增高端机床超 15000 台，将会为国产高端机床领域注入新的活力。

表10.重点机床生产企业的扩产计划

公司	项目	增产情况	项目进度
海天精工	高端数控机床智能化生产基地项目	计划投资 10 亿元，占地约 330 亩	已签署土地出让合同
纽威数控	三期中高端数控机床产业化项目	年增数控机床 2000 台，包括立式、卧式加工中心	2022 年 8 月已经投产
国盛智科	中高档数控机床生产项目	年增高档数控机床 600 台，包括大型、卧式和五轴龙门加工中心	预计 2023 年达到 50% 产能，2024 年达产
科德数控	面向航空航天高档五轴数控机床产业化能力提升工程	计划投资超 4.6 亿，建设面积 15900 平方米	设备安装调试阶段
创世纪	高端数控机床制造产业化生产基地项目（一期）	年增立式加工中心 8000 台，卧式 240 台，龙门 180 台	规划设计阶段
秦川机床	高档工业母机创新基地项目（一期）	计划投资 5.9 亿，内部收益率（税后）14.5%	预计 2025 年达产

资料来源：公司公告，中国银河证券研究院整理

## 5、相关标的

表11.数控机床相关标的

股票代码	股票简称	企业简介
601882.SH	海天精工	中国数控机床领先企业，目前已形成以大港精工、堰山精工、大连精工为主体的三大生产集群；主导产包括龙门镗铣、卧式加工中心、数控车削中心、大型卧式镗铣床、数控床等 5 大系列、200 多个品种，产品广泛服务在汽车、机车、船舶、机械、电力、模具、柴油机等行业。
688697.SH	纽威数控	公司专注于中高档数控机床的研发、生产及销售，现有大型加工中心、立式数控机床、卧式数控机床等系列 200 多种型号产品，广泛应用于汽车、工程机械、模具、阀门、自动化装备、电子设备、航空、船舶、通用设备等行业，部分产品根据客户特殊需求定制化开发。

688558.SH	国盛智科	公司是国内领先的金属切削类中高档数控机床以及智能自动化生产线提供商，主要根据下游精密模具、新能源、航空航天、轨道交通、汽车、3D 打印、生物医药、工程机械、工业阀门等终端领域客户的应用需求提供智能制造一体化解决方案。
300083.SZ	创世纪	公司是集数控机床研发、生产、销售、服务于一体的高端智能装备制造企业，旗下机床核心品牌有台群精机(Taikun)、宇德(YuKen)。公司数控机床产品品种齐全，涵盖金属切削机床和非金属切削机床品类，产品涵盖钻攻机、立式加工中心、卧式加工中心、龙门加工中心、数控车床、雕铣机、精雕机、高光机、热弯机、走心机等系列精密加工设备，主要产品广泛应用于 3C 供应链、5G 产业链、汽车零部件、模具、医疗器械、轨道交通、航空航天、石油化工装备、风电、船舶重工等诸多领域，是国内同类型企业中技术宽度最广、产品宽度最全的企业之一，能够为客户提供整套机加工解决方案。
688305.SH	科德数控	公司是从事高端五轴联动数控机床及其关键功能部件、高档数控系统的研发、生产、销售及服务的的高新技术企业，主要产品为系列化五轴立式(含车铣)、五轴卧式(含车铣)、五轴龙门、五轴卧式铣车复合四大通用加工中心和五轴磨削、五轴叶片两大系列化专用机床，以及服务于高端数控机床的高档数控系统，伺服驱动装置，系列化电机，系列化传感产品，电主轴，铣头，转台等。
300607.SZ	拓斯达	公司是国家级高新技术企业、广东省机器人骨干企业，深度研发视觉、控制器、伺服驱动三大底层技术，不断打磨以工业机器人、注塑机、CNC 为核心的智能装备，打造以核心技术驱动的智能硬件平台，为制造企业提供智能工厂整体解决方案。公司旗下埃弗米是国内五轴联动数控机床领先企业。
688577.SH	浙海德曼	公司以“专”、“特”、“精”为产品的基本定位，以打破国际机床巨头对我国高端数控机床的垄断，实现“进口替代”为目标，致力于高端数控车床基础技术和核心技术的自主创新，形成了完整的高端数控车床开发平台和制造平台
000837.SZ	秦川机床	公司是中国精密数控机床与复杂工具研发制造基地，是中国机床工具行业的龙头企业。公司主要产品有齿轮磨床、螺纹磨床、外圆磨床(曲轴磨、球面磨、车轴磨)、滚齿机、通用数控车床及加工中心、龙门式车铣磨复合加工中心、塑料机械(中空机、木塑设备)、精密高效拉床等高端数控装备、数控复杂刀具；高档数控系统、滚动功能部件、汽车零部件、特种齿轮箱、机器人关节减速器、螺杆转子副、精密齿轮、精密仪器仪表、精密铸件等零部件产品；以及数字化车间和系统集成、机床再制造及工厂服务、供应链管理以及融资租赁等现代制造服务业务。
002559.SZ	亚威股份	公司是国内中高端金属板材成形机床行业的领先企业之一。研发制造销售数控转塔冲床、数控折弯机、数控激光切割机、金属平板加工自动化系统、金属卷板加工自动化生产线、线性和水平多关节机器人等高端、智能、自动化产品。

资料来源：公司公告，中国银河证券研究院整理

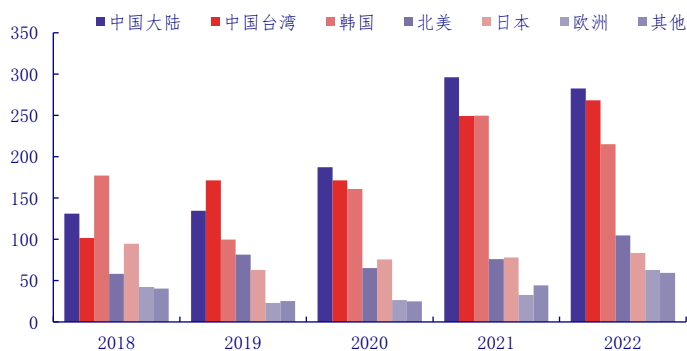
## (二) 半导体设备：自主可控需求迫切，关注国产化进程

### 1、海外先进设备封锁，自主可控需求迫切

#### (1) 市场规模稳步增长，国产化率居于低位

中国大陆 2022 年半导体设备销售额达 282.7 亿美元，市场规模稳步增长。自 2020 年以来，中国大陆成为全球最大的半导体设备市场，当年设备销售额 187.2 亿美元，同比增长 39%。2018 年至 2022 年，中国半导体设备市场销售额五年复合增长率为 21%，其中 2022 年销售额为 282.7 亿美元，较 2021 年的 296.2 亿美元下降 5%，但总体保持稳步增长态势，市场需求大。

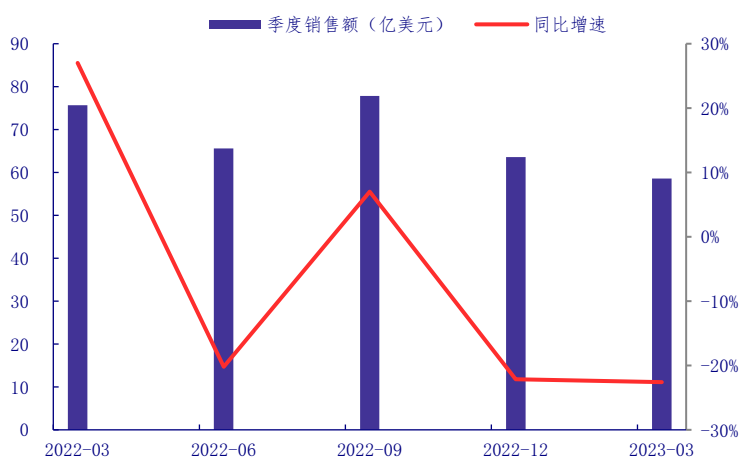
图54. 2018-2022年各地区半导体设备销售额-亿美元



资料来源: SEMI, 中国银河证券研究院

受政策及周期因素影响,近一年内半导体设备市场波动剧烈,2023年第一季度半导体设备销售额58.6亿美元。2022年一季度以来,国内半导体设备季度销售额波动明显,2023年一季度设备销售额为58.6亿美元,同比下降23%。国内市场在2022年三季度以来降幅明显主要由于半导体下行周期及美日荷对华封锁措施收紧,其中伴随着国内半导体设备进口额的下降。

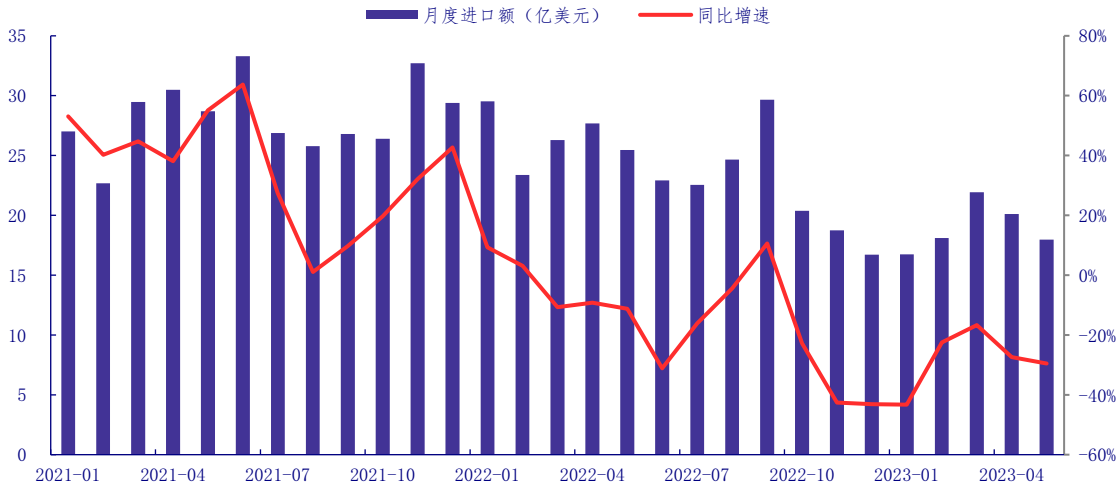
图55. 2022Q1-2023Q1国内半导体设备销售额及同比增速



资料来源: 日本半导体制造装置协会, 中国银河证券研究院

2022年三季度以来,国内半导体设备进口额整体下滑,2023年5月,设备进口额为18.0亿美元。受制于疫情、周期及海外施压,2022年下半年以来,半导体设备进口额持续下降,2023年1月进口额为16.7亿美元,同比下滑43.3%,为2022年以来同比最大降幅。2023年5月,半导体设备进口额为18.0亿美元,同比下降29.5%。

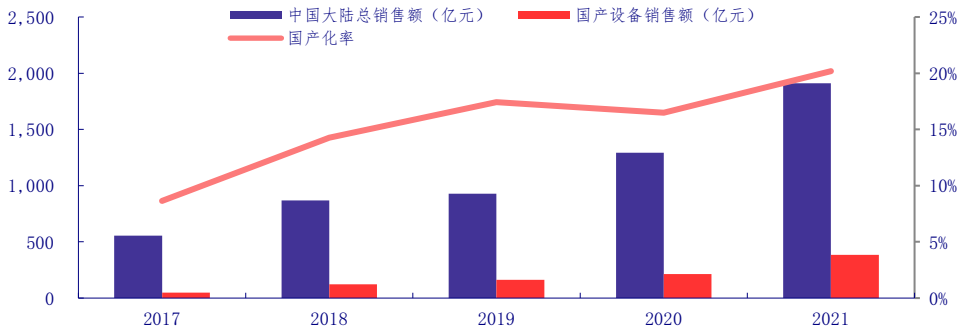
图56. 2021-2023年5月国内半导体设备进口额及同比增速



资料来源：海关总署，中国银河证券研究院

半导体设备国产化率上升明显，但2021年国产化率仍为20.18%，进口依赖程度深。以销售额口径初步测算，不考虑光伏设备，通过国产半导体设备销售额与国内半导体设备总销售额比例计算，2017年，半导体设备国产化率仅8.64%，2021年已达20.18%，上升11.54pct。但当下自给率仅20%，若考虑汇率波动，实际自给率不足20%，存在大量国产替代空间。且考虑国际封锁下进口受限，国产替代需求较为迫切。

图57. 2017-2021年国内半导体设备销售额及国产化率



资料来源：SEMI，中国电子专用设备工业协会，中国银河证券研究院

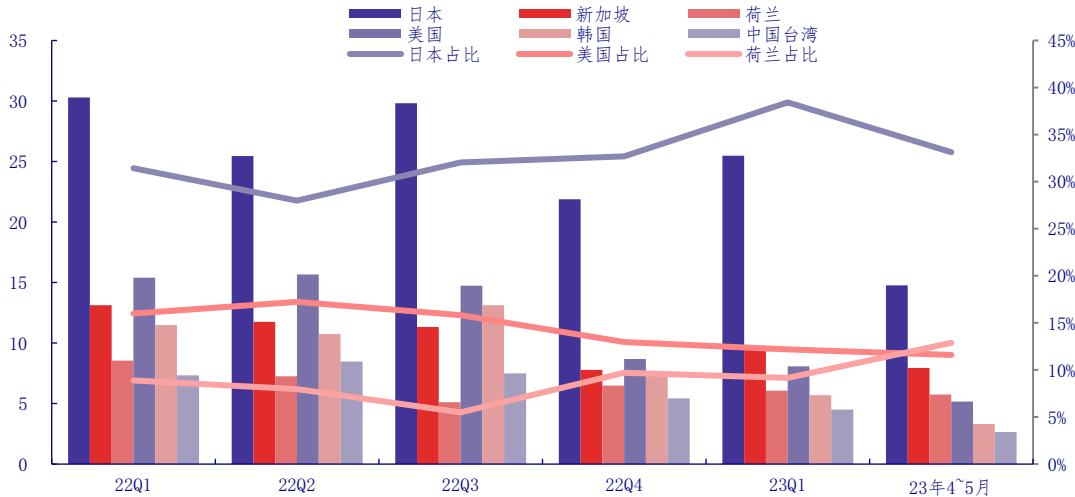
## (2) 海外龙头垄断市场，美、日、荷持续施压

美国、日本与荷兰是中国半导体设备重要进口来源，长期处于前六大进口来源国，2023年4-5月，三国对华出口半导体设备金额占中国半导体设备总进口额57.6%。2022年一季度以来，中国半导体设备前六大进口来源国保持稳定，排名偶有变动，美、日、荷始终居于其中，且三国占比超过50%。其中日本是中国最大的半导体设备进口来源国，中国从其进口份额长期保持在30%以上。

受美国对半导体设备出口管制力度加大的制约及半导体行业周期的影响，几大进口来源国出口额及出口份额均有一定下降，对我国设备自主可控提出更高要求。据各国海关数据，

2022 年美、日、荷对我国半导体设备出口额分别同比下降 24.6%、10.3%、5%；据我国海关统计，2023 年 4-5 月，中国从美进口份额跌至 11.6%，美国从 2022 年的第二大进口来源国下降至第四大进口来源国，自给可控需求较为迫切。

图58. 2022-2023 年国内半导体设备前六大进口国进口份额及美、日、荷占比-亿美元



资料来源：海关总署，中国银河证券研究院

就企业经营而言，2022 年全球营收排名前十的半导体设备厂商均来自美国、日本、荷兰，垄断势力强大。2022 年，营收前十的半导体设备厂商中四家来自美国，四家来自日本，两家来自荷兰。其中，前四大设备商的半导体业务在 2022 年营收均达 160 亿美元以上，占据绝对优势。

表12.2022 年全球前十大半导体设备厂商（以营收计）

厂商	国别	营收 (亿美元)	简介
应用材料 (AMAT)	美国	237	全球最大的半导体设备商，半导体产品包含薄膜沉积 (CVD、PVD 等)、离子注入、刻蚀、快速热处理、化学机械平整 (CMP)、测量检测等设备
阿斯麦 (ASML)	荷兰	225.7	全球第一大光刻机设备商，也是全球唯一可提供 7nm 及以下先进制程的 EUV 光刻机设备商
泛林 (LAM)	美国	190.5	主营半导体制造用刻蚀设备、薄膜沉积设备以及清洗等设备
Tokyo Electron (TEL)	日本	162.5	日本最大的半导体设备商，主营业务包含半导体和平板显示制造设备，半导体产品包含涂胶显像设备、热处理设备、干法刻蚀设备、化学气相沉积设备、湿法清洗设备及测试设备
科磊 (KLA)	美国	104.8	半导体工艺制程检测测量设备的绝对龙头企业，半导体产品包含缺陷检测、膜厚度量测、CD 量测、套准精度量测等量检测设备
迪恩士 (Screen)	日本	27.4	半导体产品包含刻蚀、涂胶显影和清洗等设备。
爱德万测试 (Advantest)	日本	28.2	半导体产品包含后道测试机和分选机
ASM 国际 (ASMI)	荷兰	25.7	产品包含薄膜沉积及扩散氧化设备



日立高新 (Hitachi High-Tech)	日本	24.5	半导体产品包含沉积、刻蚀、检测设备以及封装贴片设备等
泰瑞达 (Teradyne)	美国	20.8	半导体产品和服务包括晶圆层面的测试和器件封装测试

资料来源: CINNO Research, 智研咨询, 中国银河证券研究院

就细分环节而言, 荷兰是光刻机的绝对龙头, 日本企业垄断涂胶显影、清洗设备, 美国在薄膜沉积、离子注入、量测领域更具优势。薄膜沉积类设备、光刻、蚀刻与量测在半导体设备中份额占比较大, 达 60%以上, 海外龙头企业占据主导地位, 国内厂商市占率低。

图59. 半导体设备全球龙头及国内代表厂商

	美国厂商	日本厂商	荷兰厂商	中国厂商
薄膜沉积	应用材料 泛林	TEL 日立高新		北方华创 拓荆科技 中微电子
光刻			ASML	上海微电子
刻蚀	泛林 应用材料	TEL		中微电子 北方华创 屹唐半导体
量测检测	科磊 应用材料	日立高新		精测电子 中科飞测 上海睿励
涂胶显影		TEL 迪恩士		芯源微
CMP	应用材料			华海清科
热处理	应用材料	TEL		北方华创 屹唐半导体
离子注入	应用材料			万业企业 中科信

资料来源: 集微网, 立鼎产业研究院, 华经产业研究院, 中国银河证券研究院

美国、日本与荷兰纷纷采取措施限制中国半导体设备进口, 对中国半导体设备自主供给提出更高要求。美国早在 2018 年特朗普时代便限制中国芯片进口, 2022 年 10 月出台限制更严的新规, 要求全球任何半导体设备生产厂商使用美国的设备和技术生产的某些半导体芯片都不得向中国出口。2023 年 1 月, 美国总统拜登会晤日荷两国首相, 希望一同加强对先进技术设备的出口管制。美国种种举措无疑将对中国半导体行业产生较大限制。

表13. 2022 年下半年以来美国对华半导体设备产业制裁措施

时间	事件
2022 年 10 月	美国出台对华半导体限制新规, 要求美国半导体厂商必须获得许可证才能向中国出口相关芯片和半导体制造设备。此举限制了位于中国大陆的晶圆制造厂商获取 16/14nm 及以下先进逻辑制程芯片、128 层及以上 NAND 闪存芯片、18nm 半间距或更小的 DRAM 内存芯片所需的制造设备的能力。此外, 新规还限制美国人在中国大陆从事芯片制造相关的工作

2022年12月	拜登政府将长江存储科技公司（YMTC）等几十家中国公司列入贸易黑名单
2023年1月	美、日、荷三方会谈敲定共同加强对先进技术设备出口管制的细节
2023年6月29日	荷兰政府计划今年夏天进一步限制向中国芯片制造商出口阿斯麦制造的光刻机。而美国政府则准备更进一步，利用其长臂管辖能力更严格地限制荷兰厂商向特定的中国半导体芯片厂商出口设备。

资料来源：环球网，集微网，澎湃新闻，中国银河证券研究院

日本经济产业省于2023年5月23日正式公布了基于外汇法的货物等省令的修正版，对23种半导体设备予以出口限制，对中国刻蚀、沉积领域将有较大影响。新规涉及6类23种半导体设备的管制，据日经中文网，按用于计算的逻辑半导体性能来看，此次受限的半导体制造设备大部分为14纳米至10纳米以下的先进制程。新规预计将于7月23日正式生效，对中国成熟工艺无较大影响，但短期将使得中国先进半导体技术发展更为艰难。

表14.日本《外汇及对外贸易法》新增出口限制

分类	新增设备类型
1项热处理设备	在0.01帕斯卡以下的真空状态下运行的退火设备，且满足特定参数性能之一
3项清洗设备	一种设计用于去除聚合物残留物和氧化铜膜并能够在0.01帕斯卡或更小的真空中形成铜膜的设备
	一种具有多个腔室或工序间的设备，该设备是设计为通过干燥工艺进行除去表面氧化物的预处理，或者设计为通过干燥工艺除去表面的污染物
	具有在晶片表面改性后进行干燥工序的单片式湿式清洗设备
4项光刻/曝光设备	一种用于晶圆加工处理的步进重复式/步进扫描式曝光设备，且满足特定参数性能
	为涂布、成膜、加热或显影而设计的，用于“EUV光刻设备”的调和的抗蚀剂设备
	为用于掩膜的多层反射膜通过离子束蒸镀或物理气相沉积法形成膜而设计的设备（仅限于为“EUV光刻设备”专门设计的设备）
	为厚度大于100纳米和应力小于450兆帕斯卡的碳硬掩膜的等离子体沉积而设计的设备
3项刻蚀设备	为干法刻蚀而设计的设备，且满足特定参数性能
	为湿法刻蚀设计的设备，其中硅锗与硅的刻蚀选择比为100倍或更高
	为各向异性刻蚀而设计的设备，且满足全部特定参数性能
1项测试设备	设计用于检查“EUV光刻设备”的掩膜坯料或掩膜图案的设备
11项薄膜沉积设备	薄膜生产设备，仅限于专为“极紫外（EUV）光刻设备”而设计的设备。
	薄膜沉积设备，满足10项特定参数之一
	用于在0.01帕斯卡以下的真空状态或惰性气体环境中沉积形成金属层膜的设备，且满足全部特定参数性能
	用于在0.01帕斯卡以下的真空状态或惰性气体环境中沉积形成金属层膜的设备，满足特定参数性能之一
	在维持晶圆衬底温度在20度以上500度以下的同时，为使用有机金属化合物沉积形成钎层而设计的设备
	空间原子层沉积设备（仅限于带有旋转轴的晶圆支撑台），且满足特定参数性能之一
	在特定温度下或以特殊方式形成含有硅和碳薄膜的设备，且满足所有特定参数性能
	为硅（包括碳掺杂）或硅锗（包括碳掺杂）的外延生长而设计的设备，且满足全部特定参数性能
	设计为通过利用等离子体的原子层沉积法或化学气相沉积法沉积钨薄膜的设备
	为用于通过特定方式形成特定低介电层，使金属配线之间不留空隙而设计的设备
	一种防尘薄膜组件，特别设计用于“EUV光刻设备”

资料来源：METI，中国银河证券研究院

荷兰政府于2023年6月30日正式宣布了限制半导体设备出口的新规，将使中国本就薄

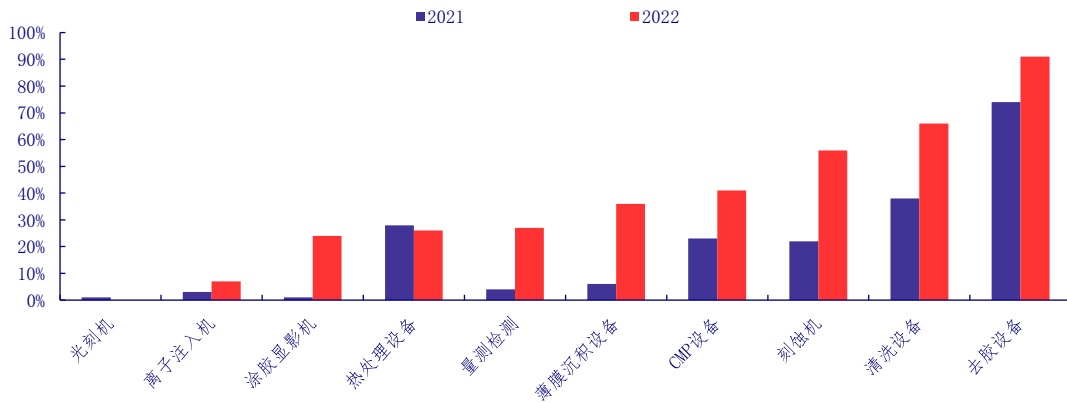
弱的光刻机环节更为受限。新规要求任何先进设备出口须先取得许可。荷兰 ASML 在先进光刻机领域处于绝对领先地位，极紫外线光刻机在此前已经受到出口限制，据其强调，仅最先进的浸润式光刻机（即 TWINSCAN NXT: 2000i 及后续推出的浸润式光刻系统）的出口需要获得许可。但此次新规无疑会限制中国先进制程芯片的生产。

## 2、国产替代加速，政策加持助力蝶变

### (1) 国产化局面初步形成，部分环节基本自主

不同半导体设备环节国产化率分化显著，整体落后中存在局部突破，去胶设备国产化率达 90%，光刻机国产化率不足 1%。据中国投资发展报告及集微网数据，2022 年，低自给率设备如光刻机不足 1%，离子注入机自给率仅 7%，国产化率高的环节如去胶设备及清洗设备，分别达 91%和 66%，基本实现自主可控。在半导体设备整体国产化率低于 20%的局面下，已初步实现部分环节自给，国产替代可展望。

图60. 不同半导体设备国产化率



资料来源：《中国投资发展报告（2023）》，集微网，中国银河证券研究院

### (2) 国内政策支持力度加大，大基金二期聚焦半导体设备

我国自 2015 年即在政策上支持半导体及其设备行业自主可控，今年以来持续加大产业建设支持力度，为国产替代提供政策保障。2023 年的政策或会议涉及税收支持、产业协同、产教融合、未来发展方向等多个方面，全面助力半导体产业链自主可控。

表15.2023 年我国半导体行业利好政策梳理

时间	政策或会议	重点内容
2023.3.2	国务院副总理刘鹤 2 日在北京调研集成电路企业发展并主持召开座谈会	发展集成电路产业必须发挥新型举国体制优势，用好政府和市场两方面力量
2023.3.17	《关于做好 2023 年享受税收优惠政策的集成电路企业或项目、软件企业清单制定工作有关要求的通知》	重点集成电路设计领域：高性能处理器和 FPGA 片；存储芯片；智能传感器；工业、通信、汽车和安全芯片；EDA、IP 和设计服务。选择领域的销售（营业）收入占本企业集成电路设计销售（营业）收入的比例不低于 50%
2023.4.6	全国集成电路标准化技术委员会成立大会暨一届一次全体委员会议	标委会将发挥标准在集成电路产业生态构建中的引领和规范作用，加强关键技术标准研制，提高产业链供应链标准化水平，着力构建

		覆盖全面、衔接配套、先进适用的集成电路标准体系，筑牢产业发展基础，促进国际合作与开放，推动集成电路产业健康可持续发展
2023.5.11	国资委扩大会议	指导推动中央企业加大在集成电路等战略性新兴产业布局力度，推动传统产业数字化、智能化、绿色化转型升级，引领带动我国产业体系加快向产业链、价值链高端迈进
2023.5.21	《关于 2023 年度享受增值税加计抵减政策的集成电路企业清单制定工作有关要求的通知（征求意见稿）》	享受增值税加计抵减政策的是集成电路设计、生产、封测、装备、材料企业
2023.5.23	《京津冀产业协同发展实施方案》	在增强区域产业创新体系整体效能上，将瞄准人工智能、集成电路、生命科学、空天科技等前沿领域，强化京津冀关键核心技术攻关，着力攻克一批产业链共性技术和关键核心技术
2023.6.2	《制造业可靠性提升实施意见》	提出将围绕制造强国、质量强国战略目标，聚焦机械、电子、汽车等重点行业，对标国际同类产品先进水平，补齐基础产品可靠性短板。电子行业将重点提升电子整机装备用 SoC/MCU/GPU 等高端通用芯片、氮化镓/碳化硅等宽禁带半导体功率器件、精密光学元器件等
2023.6.8	《职业教育产教融合赋能提升行动实施方案(2023—2025 年)》	在包括集成电路在内的重点行业深度推进产教融合

资料来源：政府官网，集成电路产业研究数据库，集微网，中国银河证券研究院

多个省市对半导体及其设备产业发展制定相应目标，2023 年持续政策指引，促进行业发展。不同省市发展目标各有侧重，涉及半导体产业链设计、设备、制造、应用等多个环节。2023 年，部分省市出台新指引政策，积极促进半导体产业链发展，助力国产替代。

图61. 部分省市“十四五”期间半导体产业发展目标及 2023 年政策



资料来源：政府官网，前瞻产业研究院，中国电子报，中国银河证券研究院

2023 年以来，大基金二期频频投半导体行业标的，助力产业链公司发展。国家集成电路产业投资基金二期股份有限公司于 2019 年 10 月注册成立。相较一期，二期更聚焦半导体设备

等行业上游。今年以来，大基金二期已数度出手。2023年6月29日，据华虹半导体公告，大基金二期拟向华虹半导体投资不超30亿元资金。

表16.大基金二期投资比例前十公司（截至2023年7月5日）

投资公司	所属行业	持股比例	投资日期	认缴金额 (万人民币)
上海新昇晶科半导体	电子电路制造	43.86%	2022/6/13	250000
华润润安科技(重庆)	集成电路设计	38.04%	2023/7/4	92089.92
杭州长川智能制造	<b>半导体器件专用设备制造</b>	33.33%	2020/12/22	30000
润西微电子(重庆)	集成电路设计	33.00%	-	165000
杭州富芯半导体	集成电路制造	31.22%	2022/3/25	295000
合肥沛顿存储科技	<b>计算机、通信和其他电子设备制造业</b>	31.05%	-	95000
华虹半导体制造(无锡)	集成电路制造	29.00%	2023/3/24	767096.4
长鑫集电(北京)存储	其他科技推广服务业	28.00%	2022/4/2	1254691.08
中芯京城集成电路制造(北京)	集成电路制造	24.49%	-	805721
成都士兰半导体制造	集成电路制造	23.90%	2023-05-30	75757.58

资料来源：启信宝，中国银河证券研究院

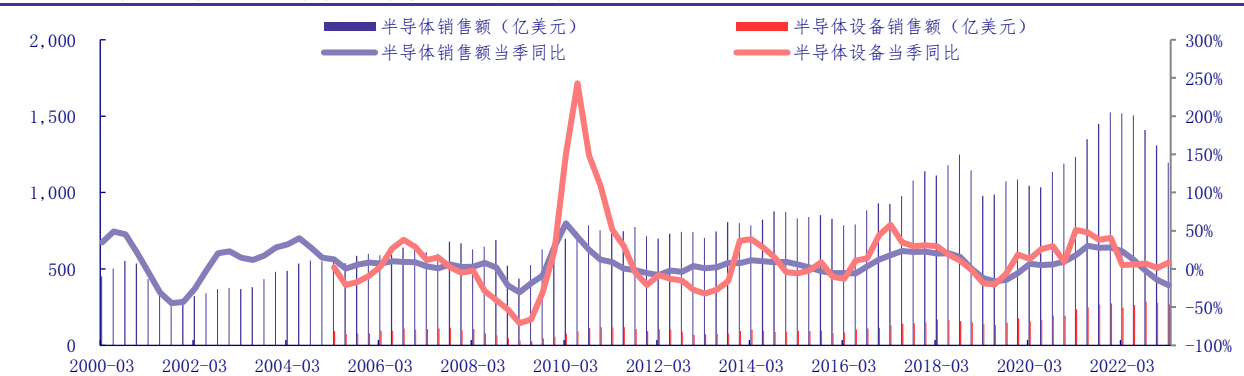
### 3、行业周期趋于底部，结构性机会显现

#### (1) 行业接近谷底，景气复苏可期待

半导体行业处于周期波动中，每次上行或下行周期为2-3年，最近一轮峰值在2021年3月，行业趋于底部。依据2000年至2023年一季度数据，以一次上行或下行为周期，每2-3年为一个完整周期。2021年二季度，半导体季度销售额同比增速达到最近峰值30.4%，此后增速放缓并于2022年三季度后同比下滑，接近周期拐点。

半导体设备销售额波动与半导体销售额波动高度相关，但波幅更大，预计将有更高反弹。据2005年以来的数据，半导体设备销售额同比波动与半导体销售额同比波动高度重合，但波幅往往更剧烈，在上行周期往往有更高增速。预计新一轮复苏将使半导体设备获得高反弹。

图62. 2000年-2023年3月全球半导体及半导体设备季度销售额与增速



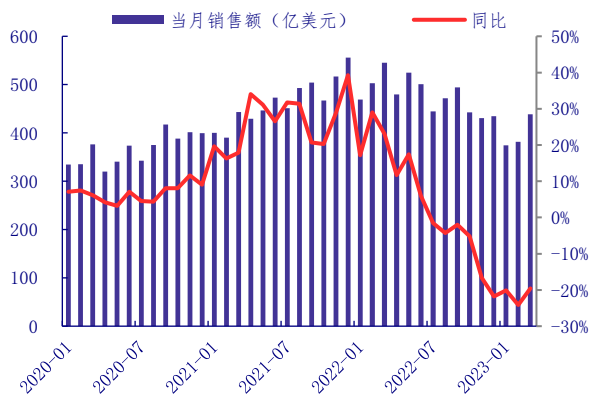
资料来源：世界半导体贸易统计组织，日本半导体制造装置协会，中国银河证券研究院

着眼近期，全球半导体月度销售额下滑放缓，先行指标费城半导体指数震荡上行，预计



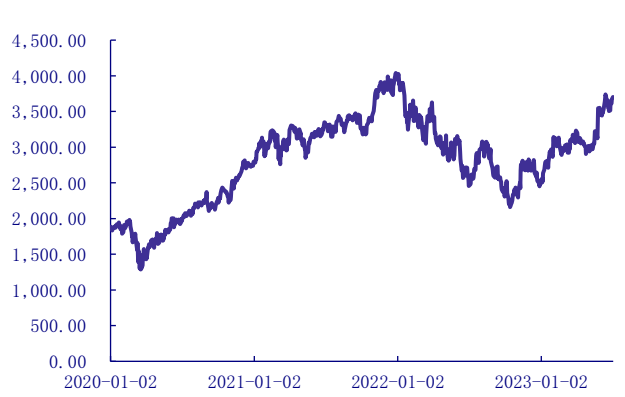
**2023年下半年有望迎来复苏。**2022年7月以来，全球半导体月度销售额持续同比下滑，且下滑幅度逐渐加大，并于2023年2月达到24.15%的最大降幅，4月下滑放缓，为19.56%。费城半导体指数是包含美国30家大型半导体企业股价的股票指数，其会持续更新成分股和权重以跟踪股都提行业景气度。由于资本市场投资往往先于行业实体经济复苏，对比历史指数与半导体销售额可知，费城半导体指数领先行业复苏一到三季度。而全球半导体行业先行指标费城半导体指数于2023年初即开始震荡上升，可期待行业拐点到来。

图63. 2020年至今全球半导体月度销售额及同比



资料来源：世界半导体贸易统计组织，中国银河证券研究院

图64. 2020年至今费城半导体指数



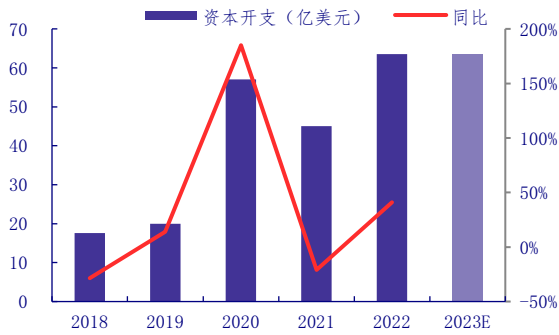
资料来源：美国费城证券交易所，中国银河证券研究院

## (2) 晶圆厂逆周期扩张，半导体设备受益

当前半导体行业处于下行周期，但全球晶圆龙头纷纷逆势扩张，英特尔于4日内（2023年6月16日-20日）接连公布三项重大投资决策，彰显对行业未来的看好与“弯道超车”的决心。2023年6月，英特尔于16日宣布将在波兰投资46亿美元建设半导体封装工厂，于19日宣布在以色列投资250亿美元建造芯片厂，于20日宣布将在德国投资约330亿美元建造芯片厂。三星正在美国建造170亿美元的芯片制造厂，承诺明年开始生产。逆势扩张既有对未来的转好预期，也有提高技术竞争力的考量，长期而言将利好半导体设备。

国内多家晶圆厂同样逆势扩张，其原因除了看好市场与提升竞争力的需求，还包含国产替代因素，上游设备厂将由此受益。中芯国际2023年资本开支维持高位，据公司预计与2022年持平，其2022年资本开支为63.5亿美元，同比增长41.11%。第二大晶圆代工厂华虹半导体的科创板注册申请于2023年6月6日获证监会批复同意，募投180亿元资金扩产升级。士兰微定增募资65亿元于6月7日获批准。华润微高管也预计2023年资本开支将达百亿规模。国内晶圆厂扩张持续推进，半导体设备长期需求受益。

图65. 2018-2023年中芯国际资本开支



资料来源: 公司官网, 中国银河证券研究院

图66. 2023年华虹半导体募投项目

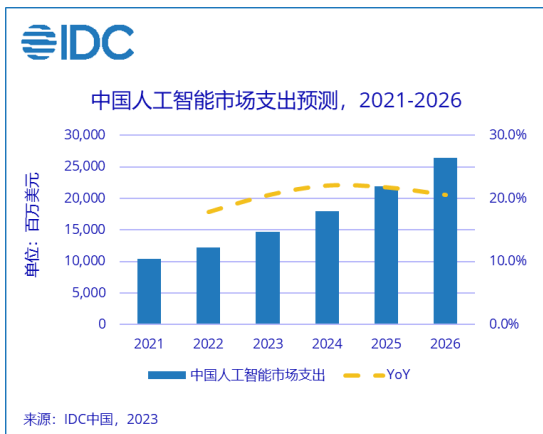
项目名称	拟使用募集资金金额	拟使用募集资金比例
华虹制造(无锡)项目	125	69.44%
8英寸厂优化升级项目	20	11.11%
特色工艺技术创新研发项目	25	13.89%
补充流动资金	10	5.56%
<b>合计</b>	<b>180</b>	<b>100%</b>

资料来源: 公司招股说明书, 中国银河证券研究院

### (3) AI浪潮下芯片缺口巨大, 长期利好半导体设备

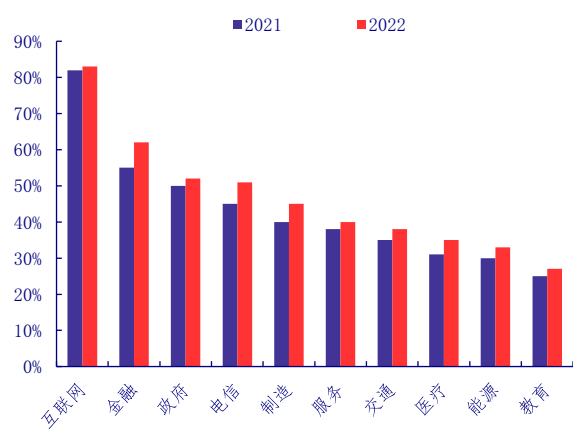
AI市场规模持续扩大, 预计2026年中国人工智能市场规模将达264.6亿美元, 应用空间广阔。随着ChatGPT大型语言模型的推出与迭代、国内厂商模型的跟进, 人工智能持续渗透进入传统行业。据IDC预测, 中国2023年人工智能市场支出规模将达147.5亿美元, 2026年预计可达264.4亿美元, 2021-2026复合增长率超过20%。据《2022-2023中国人工智能算力发展评估报告》, 互联网、金融行业2022年人工智能渗透度已达较高水平, 为83%和62%, 能源、教育等传统行业也在逐渐引入人工智能。未来随着更多应用场景打开, 人工智能市场将持续扩大。

图67. 2021-2026年中国人工智能市场支出预测



资料来源: IDC, 中国银河证券研究院

图68. 2021和2022年中国人工智能行业渗透率



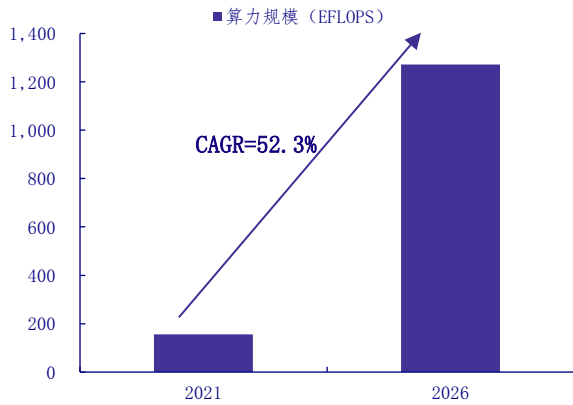
资料来源: 《2022-2023中国人工智能算力发展评估报告》, 中国银河证券研究院

AI时代, 算力需求增大, 五年复合增长率高达52.3%。大模型的训练与推理离不开算力。《2022—2023中国人工智能算力发展评估报告》显示, 中国人工智能算力需求增长迅速, 2021年中国智能算力规模为155.2百亿亿次/秒(EFLOPS), 预计2026年将达1271.4EFLOPS, 未来五年的年均复合增长率达52.3%。

高算力对GPU芯片的数量与技术均提出高要求, 加之国产替代压力, GPU芯片未来市场潜力广阔。芯片是算力的核心, 目前GPU是主流的算力支撑, 高算力需求必然带动其需求

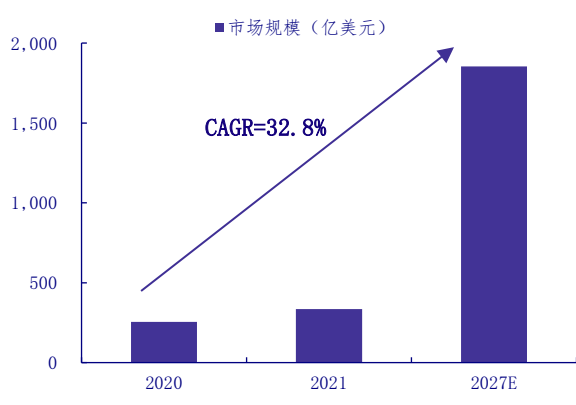
量提升。据 Verified Market Research 数据，2021 年全球 GPU 市场规模为 254.1 亿美元，预计 2027 年将达 1853.1 亿美元，年均复合增长率为 32.8%。同时，支撑 AI 算力要求更高端芯片制程，使用相对低端的产品训练模型会增加功耗、电费等成本。由于英伟达垄断 GPU 芯片市场，其高端产品对中国限售，GPU 芯片面临较大国产替代压力。

图69. 2021-2026 年中国智能算力规模



资料来源：《2022-2023 中国人工智能算力发展评估报告》，中国银河证券研究院

图70. 2020-2027 年全球 GPU 芯片市场规模

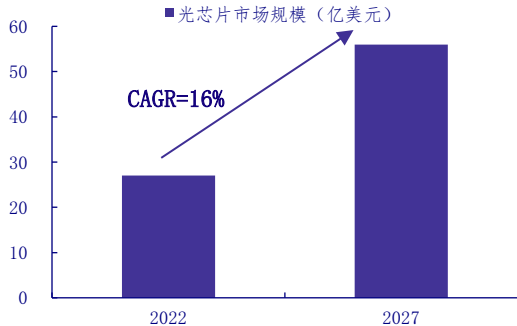


资料来源：Verified Market Research，中国银河证券研究院

AI 高算力需求对数据传输提出高要求，相较纯电子通信更具传输速率和成本优势的光通信可实现需求高增长，光通信核心元件光芯片将从中受益。高算力下海量数据的传输需要更高速率，光通信较纯电子通信优势显著，预计未来会更广泛应用。其核心元件光芯片需求量将大幅增长，据 LightCounting 数据，2022 年至 2027 年，全球光芯片市场规模将实现年均 16% 的增幅。

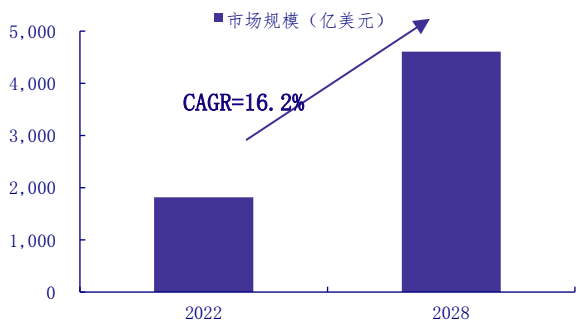
AI 高算力引致巨量数据存储需求，存储芯片可从中获益。据美光数据测算，一台人工智能服务器的 DRAM（动态随机存取内存）使用量是普通服务器的 8 倍，高速率、大容量存储芯片将受益于 AI 应用。据 IMARC 数据，2028 年存储芯片市场规模将达 4609 亿美元，2023 至 2028 年均复合增长率为 16.2%。

图71. 2022-2027 年全球光芯片市场规模



资料来源：LightCounting，中国银河证券研究院

图72. 2022-2028 年全球存储芯片市场规模



资料来源：IMARC，中国银河证券研究院

对芯片数量与技术的需求利好半导体设备市场。芯片需求量增加将促使国内芯片厂商扩产，从而利好上游半导体设备。同时，生产更高制程的高端芯片所需设备投入增幅巨大。据 IBS 调研，5nm 技术节点投资成本达数百亿美元，是 14nm 的两倍以上，28nm 的 4 倍左右。未来

随着 AI 持续应用与发展，国内厂商进入纷纷入局芯片量产和高端芯片研发，半导体设备需求将大幅受益。

## 4、投资建议与风险提示

### (1) 投资建议

关注低国产化率环节国内龙头及具备突破先进制程设备技术的厂商。推荐北方华创、盛美上海、精测电子、芯源微、华海清科、拓荆科技、赛腾股份，关注长川科技、万业科技、中科飞测、至纯科技。

表17.国内半导体设备公司（数据截至 2023 年 7 月 7 日）

证券代码	公司名称	公司市值(亿元)	股价(元)	营业收入(亿元)			归母净利润(亿元)			PE		
				2022	2023E	2024E	2022	2023E	2024E	2022	2023E	2024E
002371.SZ	北方华创	1,510.96	285.14	146.88	202.56	260.76	23.53	32.28	44.07	50.63	46.77	34.26
688082.SH	盛美上海	473.27	109.16	28.73	39.19	50.22	6.68	8.02	10.17	51.82	59.07	46.56
300567.SZ	精测电子	258.90	93.08	27.31	33.85	43.27	2.72	3.53	4.83	51.37	73.40	53.65
688037.SH	芯源微	215.79	157.00	13.85	20.11	27.64	2.00	2.71	3.91	72.42	56.94	38.39
300604.SZ	长川科技	278.92	45.88	25.77	39.07	50.51	4.61	8.01	11.05	58.43	34.78	25.23
688120.SH	华海清科	374.42	235.58	16.49	26.75	36.17	5.02	7.41	10.07	47.75	36.42	26.64
688072.SH	拓荆科技	438.82	346.95	17.06	28.84	40.19	3.69	5.34	8.02	74.39	82.17	54.69
600641.SH	万业企业	176.08	18.92	11.58	16.69	23.06	4.24	5.08	6.05	40.10	34.76	29.30
688200.SH	华峰测控	195.57	144.49	10.71	12.15	15.92	5.26	5.83	7.78	47.84	24.57	17.98
688361.SH	中科飞测	246.46	77.02	5.09	7.45	10.69	0.12	0.39	0.87	--	622.64	276.85
603283.SH	赛腾股份	83.89	43.98	29.30	41.37	52.67	3.07	4.24	5.55	18.67	19.77	15.13
603690.SH	至纯科技	127.07	32.94	30.50	42.14	52.98	2.82	5.14	6.75	43.02	21.31	16.23

资料来源: ifind, 中国银河证券研究院 (数据来自 ifind 一致预期)

### (2) 风险提示

半导体行业复苏不及预期。行业景气度回暖缓慢，下游厂商扩产进度过慢，资本开支缩减，可能影响半导体设备板块营收。

**研发进度不及预期。**部分先进制程设备及低国产化率设备技术研发难度大，存在短期无法突破瓶颈的风险。

### (三) 科学仪器：政策东风频吹，国产替代正当时

#### 1、高附加值+高技术壁垒，科学仪器国之重器

科学仪器可分为广泛应用于多个领域，具有基础性、共用性的通用型仪器，以及用于个别专业领域，具有专业性和特殊性的专用型科学仪器。随着社会和科技水平的发展，科学仪器对现代科技产业、国家安全、医疗健康、环境保护和社会生活等各个方面有序进行与发展的支撑作用越来越大。科学仪器的创新发展对相关技术领域具有引领与推动作用，是科学研究和技术创新的基石，是经济社会发展和国防安全的重要保障。

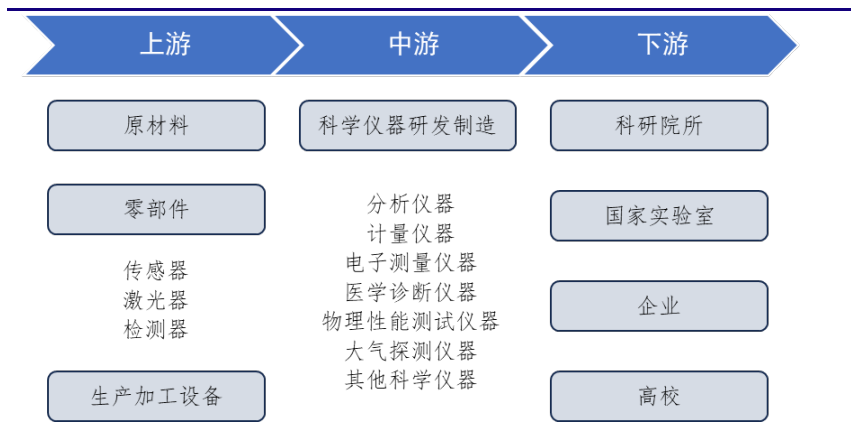
图73. 科学仪器分类



资料来源：智研咨询，中国银河证券研究院

从产业链结构来看，科学仪器行业产业链上游为科学仪器生产制造原材料和零部件供应商；中游为科学仪器研发制造生产；下游为科学仪器需求市场，包括各大科研主体、国家实验室、企业研发实验室、学校科研实验室等。

图74. 科学仪器产业链

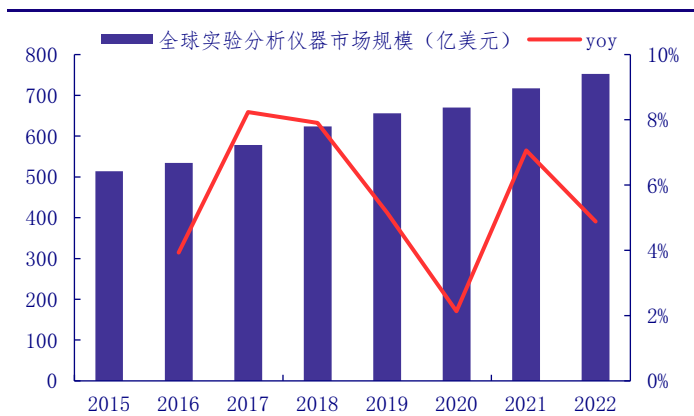


资料来源：前瞻产业研究院，中国银河证券研究院

## 2、全球市场空间宽广，海外品牌占据垄断地位

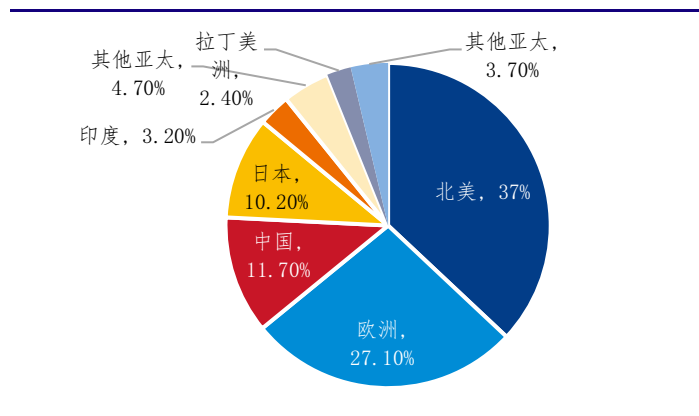
全球科学仪器市场快速发展，中国市场份额位居第三。随着机械、电子、信息、软件等科学仪器相关的基础行业不断发展进步，以及物理、化学、光学、生命科学等学科领域分析技术的加速创新，科学仪器市场规模稳健增长。根据 SDI 数据，全球实验分析仪器市场规模从 2015 年的 513.9 亿美元增长至 2020 年的 670.0 亿美元，五年复合增速为 5.4%。中商产业研究院预计，2022 年全球市场规模可达到 752.3 亿美元。从区域结构上看，欧美国家占据实验分析仪器的主要市场份额，其中北美市场占比 37.0%，欧洲占比 27.1%；中国市场容量排在全球第三，占比 11.7%。随着中国、印度等国家经济的不断发展，亚洲各国对实验分析仪器的需求不断增长，中国已经成为全球增长最快的分析仪器应用市场之一。

图75. 全球实验分析仪器市场规模



资料来源：SDI，中商产业研究院，中国银河证券研究院

图76. 全球实验分析仪器市场结构

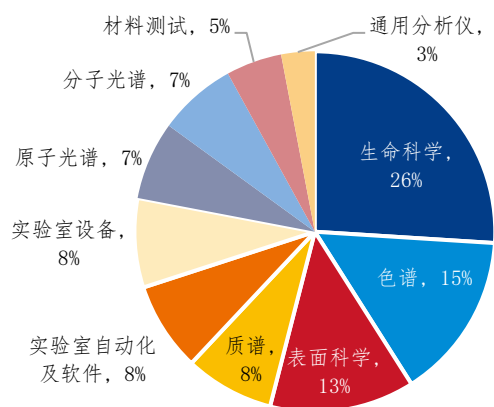


资料来源：SDI，中国银河证券研究院

从产品结构来看，生命科学、色谱、表面科学份额合计超 50%。科学仪器中，生命科学仪器市场份额排名第一，占比 26%；色谱、表面科学位居第二和第三，占比分别为 15%和 13%。色谱仪、质谱仪、光谱仪应用领域和下游需求广阔，合计占比达到 38%。



图77. 全球分析仪器市场结构



资料来源: SDI, 中国银河证券研究院

**海外科学仪器起步较早, 中国快速追赶。**纵观全球科学仪器的发展历史, 可以追溯到文艺复兴时期; 进入 20 世纪, 科学技术特别是工业的高速发展使得科学研究工作出现了明显分工, 一批高水平的科研人员独立出来成立专门制造科学仪器的公司。21 世纪以来, 美国、法国、德国、英国和日本等主要的科学仪器制造国家纷纷设立专项计划(资金)发展“重大科学仪器”, 保障科学仪器的良好可持续发展。我国科学仪器行业起步较晚, 1949-1969 年, 我国建立起初步的仪器科学与技术学科。1990 年以后, 我国仪器科学与技术进入快速发展期, 取得了一大批前沿科学仪器技术成果。

**海外品牌产品技术领先, 通过收并购不断完善业务和产品矩阵, 构筑全球垄断地位。**2022 年全球收入前 20 的仪器公司均为欧美和日本品牌, 多年来通过不断的兼并重组, 逐步形成垄断地位, 既占据高端市场又加速向中低端市场扩张, 掌控技术标准和专利, 引领产业发展方向。中国作为全球第三大市场, 受到进口品牌的重点布局, 从披露的收入数据中可以看出, 国内市场是各大仪器公司的重要收入来源, 在其营收中占比 10-20%不等, 且中国市场营销增速超过公司整体增速。

表18.2022 年全球上市仪器公司营收 TOP20

排名	企业	收入 (亿美元)	同比	国别	中国收入 (亿美元)	占比
1	赛默飞	449.2	15%	美国	37.93	8.44%
2	丹纳赫	314.7	7%	美国	40.02	12.72%
3	蔡司	90.5	16%	德国	-	-
4	安捷伦	68.5	8%	美国	14.99	21.88%
5	阿美特克 AMETEK	61.5	11%	美国	-	-
6	赛莱默 xylem	55.2	6%	美国	-	-
7	因美纳 illumina	45.8	1%	美国	4.72	10.31%
8	赛多利斯 sartorius	44.6	15%	德国	5.15	11.55%
9	梅特勒-托利多	39.2	5%	瑞士	8.24	21.02%
10	岛津	34.7	13%	日本	6.83	19.68%
11	铂金埃尔默	33.1	-14%	美国	4.76	14.38%

12	沃特世	29.7	7%	美国	5.65	19.02%
13	伯乐	28	-4%	美国	-	-
14	布鲁克	25.3	5%	美国	3.97	15.69%
15	凯杰	21.4	-6%	美国	-	-
16	日本堀场 HORIBA	19.4	20%	日本	-	-
17	思百吉	16.5	14%	英国	2.98	18.06%
18	艾本德	13.1	12%	德国	2.15	16.41%
19	帝肯	12.6	21%	瑞士	-	-
20	日本电子 JEOL	11.7	18%	日本	-	-

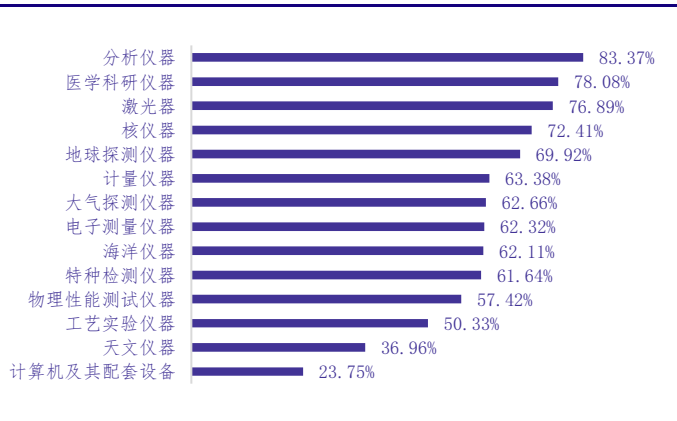
资料来源：仪器信息网，中国银河证券研究院

### 3、科学仪器对外依存度高，政策东风加速国产替代进程

#### (1) 中国科学仪器行业对外依存度高，存在巨大的国产替代空间

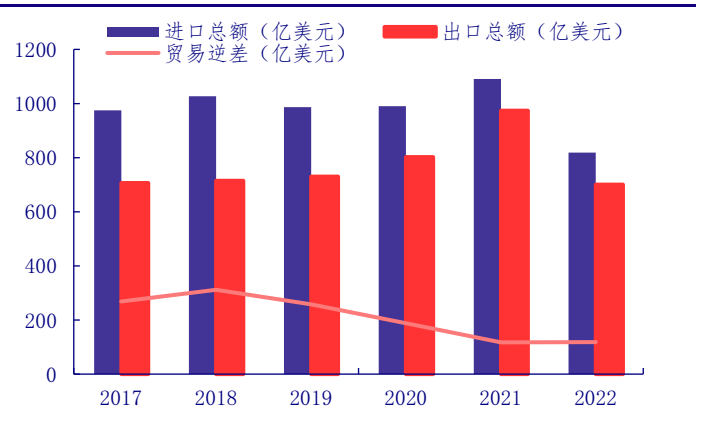
我国科学仪器整体进口率超过 70%，贸易逆差逐年降低。实验分析仪器是进口率最高的细分领域，达到 83.67%；其次是医学科研仪器，进口率为 78.08%；激光器、核仪器进口率也均超过 70%，分别为 76.89%、72.41%，计量仪器、电子测量仪器、海洋仪器等进口率均在 60%-65%之间。从进出口数据来看，我国仪器设备长期处于贸易逆差状态，但贸易逆差自 2019 年起呈下降趋势，出口规模持续增长。根据中国海关总署统计数据，2022 年，我国仪器设备进口规模达 818.12 亿美元，出口总额为 700.18 亿美元，贸易逆差为 117.94 亿美元。

图78. 中国大型科研仪器进口率



资料来源：前瞻产业研究院，观研天下，中国银河证券研究院

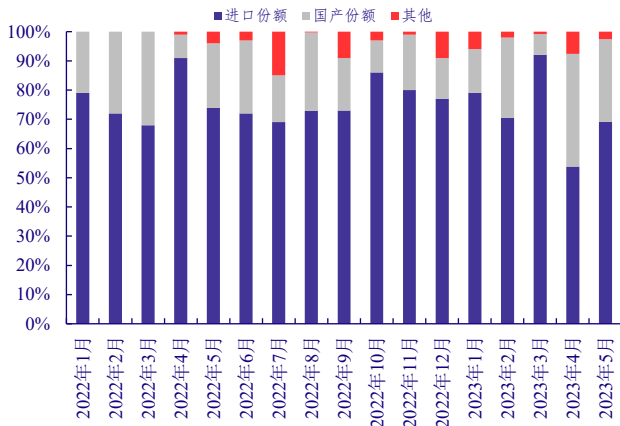
图79. 中国仪器设备进出口贸易情况



资料来源：海关总署，前瞻产业研究院，中国银河证券研究院

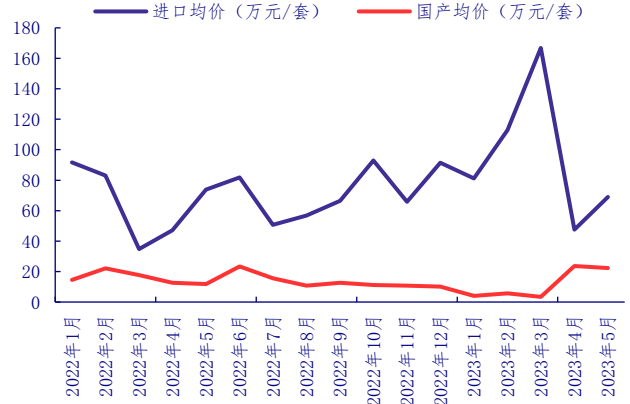
进口品牌占据大部分市场份额，产品价值量高。通过对中国政府采购网招投标情况的不完全统计，可以看出，进口品牌凭借品牌和技术优势，在我国高校、科研院所和质检、医院等事业单位的仪器采购中仍占据 60-70%以上的份额，产品单价也远高于国产品牌。其中，进口品牌光谱仪的中标均价是国产品牌的 6 倍左右，质谱仪和色谱仪是国产品牌的 2 倍左右。

图80. 光谱仪中标进口和国产金额占比



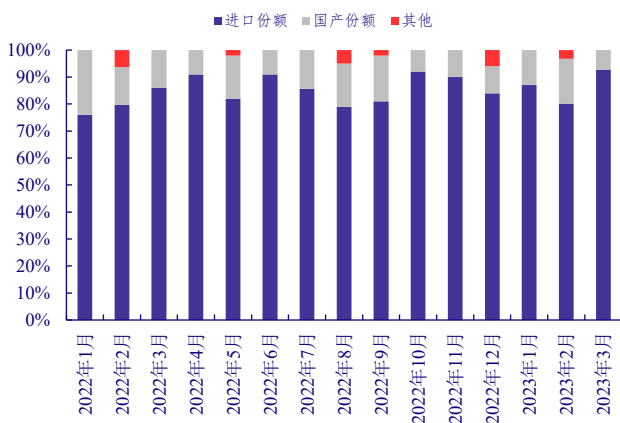
资料来源：中国政府采购网，化工仪器网，中国银河证券研究院

图81. 光谱仪中标进口和国产均价



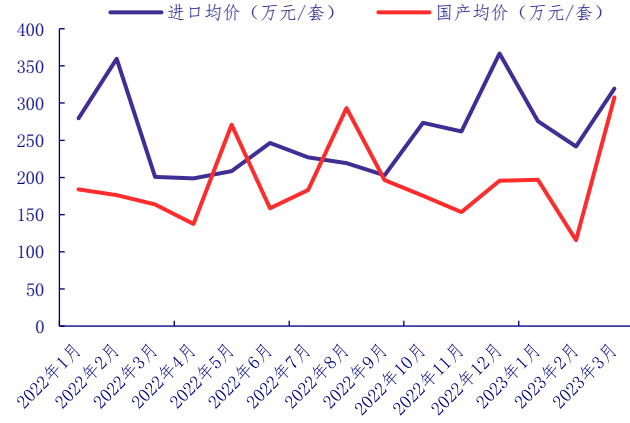
资料来源：中国政府采购网，化工仪器网，中国银河证券研究院

图82. 质谱仪中标进口和国产金额占比



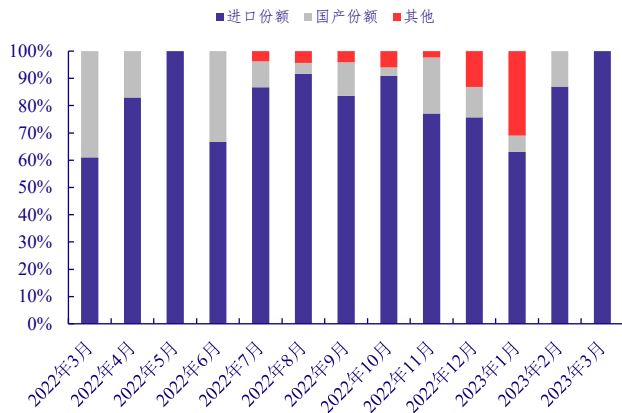
资料来源：中国政府采购网，化工仪器网，中国银河证券研究院

图83. 质谱仪中标进口和国产均价



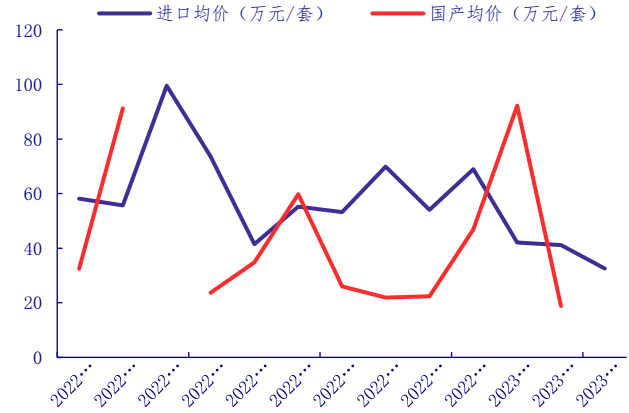
资料来源：中国政府采购网，化工仪器网，中国银河证券研究院

图84. 色谱仪中标进口和国产金额占比



资料来源：中国政府采购网，化工仪器网，中国银河证券研究院

图85. 色谱仪中标进口和国产均价



资料来源：中国政府采购网，化工仪器网，中国银河证券研究院

**(2) 乘自主可控政策东风，国产品牌有望加速崛起**

政策推进卡脖子行业技术攻坚，科学仪器国产化大势所趋。作为具备高附加值、高技术壁垒的行业，科学仪器对各行各业科学研究的基础支撑作用和对技术创新的驱动引领作用日益凸显。近年来我国持续推出相关政策，强调推进传统产业升级改造，着力补强产业链薄弱环节，围绕制造业重点产业链，集中优质资源合力推进关键核心技术攻关。科学仪器属于典型的“卡脖子”行业，政策支持力度有望持续加大，高端仪器自主可控大势所趋，国产化进程将加速推进。

表19. 科学仪器相关政策

发布时间	发布部门	政策名称	重点内容
2016	国务院	《“十三五”国家科技创新规划》	重点部署生命科学仪器设备研发等任务，加强大型科学仪器设备、实验动物、科研试剂、创新方法等保障研究开发的科研条件建设，推动科学仪器设备工程化和产业化技术研究。以关键核心技术和部件自主研发为突破口，聚焦高端通用和专业重大科学仪器设备研发、工程化和产业化，研制一批核心关键部件显著降低核心关键部件对外依存度，明显提高高端通用科学仪器的产品质量和可靠性，大幅提升我国科学仪器行业核心竞争力。
2018	发改委	《关于促进首台（套）重大技术装备示范应用的意见》	在政府采购中优先，鼓励采购首台（套）创新产品
2019	财政部、商务部、税务总局	《关于继续执行研发机构采购设备增值税政策的公告》	为了鼓励科学研究和技术开发，促进科技进步，继续对内资研发机构和外资研发中心采购国产设备全额退还增值税

	科技部、发改委	《加强“从0到1”基础研究工作方案》	鼓励科学仪器行业取得重大开创性的原始创新成果，抢占国际科技竞争的制高点
2020	税务总局	《研发机构采购国产设备增值税退税管理办法》	为了鼓励科学研究和技术开发，减轻研发机构研发成本，经国务院批准，财政部会同商务部和税务总局发布了91号公告明确自2019年1月1日至2020年12月31日，继续对研发机构(包括内资研发机构和外资研发中心)采购国产设备全额退还增值税。并规定具体退税管理办法由税务总局会同财政部制定
	中共中央	《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标的建议》	把科技自立自强作为国家发展的战略支撑，提高企业技术创新能力“关键核心技术实现重大突破”
2021	工信部	《医疗装备产业发展规划(2021-2025年)》(征求意见稿)	突破诊断检验装备、治疗装备、监护与生命支持装备等高端医疗装备关键材料和零部件，了解基础技术瓶颈制约，有效保障产业链、供应链安全，开发高端影像诊断装备，促进影像诊断装备智能化、远程化、小型化、快速化、精准化、多模态融合化、诊疗一体化发展
	全国人大	《中华人民共和国科学技术进步法》	鼓励在功能、质量等指标能够满足政府采购需求的条件下，政府优先采购国产品牌
	国家市场监督管理总局	《关于进一步深化改革促进检验检测行业做优做强的指导意见》	建立国产仪器设备“进口替代”验证评价体系，推动仪器设备质量提升和“进口替代”。着力扶持、培育一批技术能力强、服务信誉好的检验检测机构成为行业品牌
	国常会		确定专项再贷款与财政贴息配套支持部分领域设备更新改造，扩市场需求、增发展后劲。中央财政贴息2.5个百分点，期限2年，贷款申请要求2022年12月31日前签订贷款协议且支付设备采购首批贷款。
2022	教育部		发布《关于教育领域扩大投资工作有关事项的通知》，明确专项贷款重点支持范围包括：高校教学科研条件及仪器设备更新升级、学校数字化建设，包括校园网络及信息管理系统提档升级，高性能计算系统，信息中心建设，智慧校园，智慧教室，数据中心的国产代替、实验实训等资金的投入建设。
	中国人民银行		宣布设立设备更新改造专项再贷款，额度2000亿元以上，支持银行以不高于3.2%利率投放中长期贷款，结合上述中央财政贴息2.5%，今年第四季度内更新改造设备的贷款主体实际贷款成本不高于0.7%。该项贷款支持领域包括教育、卫生健康、文旅体育、实训基地等十大领



域，其中教育领域主要覆盖高校和职业院校。

资料来源：各部门网站，中国银河证券研究院

2021年财政部出台的《政府采购进口产品审核指导标准》(2021年版)明确规定了政府机构采购进口产品审核标准，推动国产科学仪器采购，保障产业链供应链安全稳定。其中，光谱仪、质谱仪等重点仪器建议采购国产比例在50%以上，机质解析时间飞行质谱仪、水质分析仪、快速溶剂萃取仪等更要求100%国产。

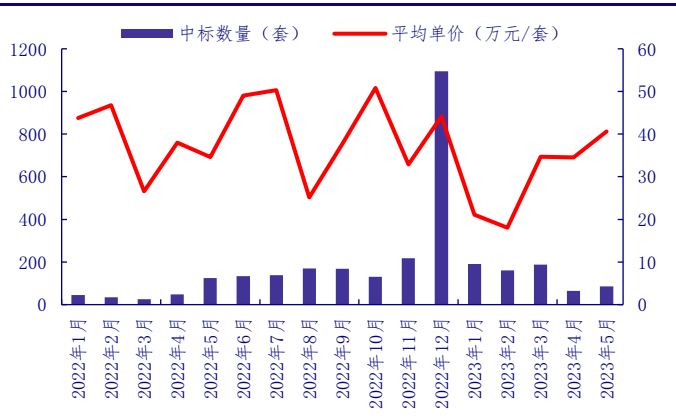
**表20.《政府采购进口产品审核指导标准》(2021年版)各类仪器采购比例**

名称	建议采购国产比例		
	100%	75%	50%
电感耦合等离子体发射光谱仪		✓	
电感耦合等离子体质谱仪		✓	
气相色谱-质谱联用仪			✓
三重四级杆气质联用仪			✓
液相色谱串联质谱分析仪		✓	
机质解析时间飞行质谱仪	✓		
水质分析仪	✓		
快速溶剂萃取仪	✓		

资料来源：中国银河证券研究院

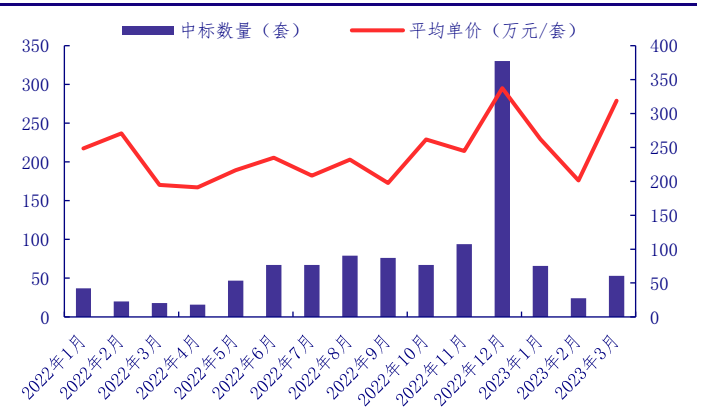
**支持政策密集出台，科学仪器采购需求大幅增加。**2022年9月7日，国务院提出要实施支持企业创新的阶段性减税政策，重点涉及高端科研仪器研发和制造、教育领域技术装备更新改造等领域，总体规模为1.7万亿，并决定对12月31日前部分领域申请设备更新改造贷款进行2.5%的财政贴息。9月28日，央行设立2000亿元的专项再贷款，支持金融机构以不高于3.2%的利率向重点领域的设备更新改造提供贷款。9月29日，财政部、发改委、人民银行、审计署、银保监会五部门联合发布《关于加快部分领域设备更新改造贷款财政贴息工作的通知》。各类减税、贴息、贷款政策将显著增加各行业对科学仪器设备的需求，在供给和需求两端推动行业发展。得益于国务院、人民银行、财政部等部委的密集刺激政策，22Q4高校和政府机构开启大规模科学仪器采购，12月中标仪器数量和金额均出现迅猛增长，为全年最高。

图86. 光谱仪中标数量及均价



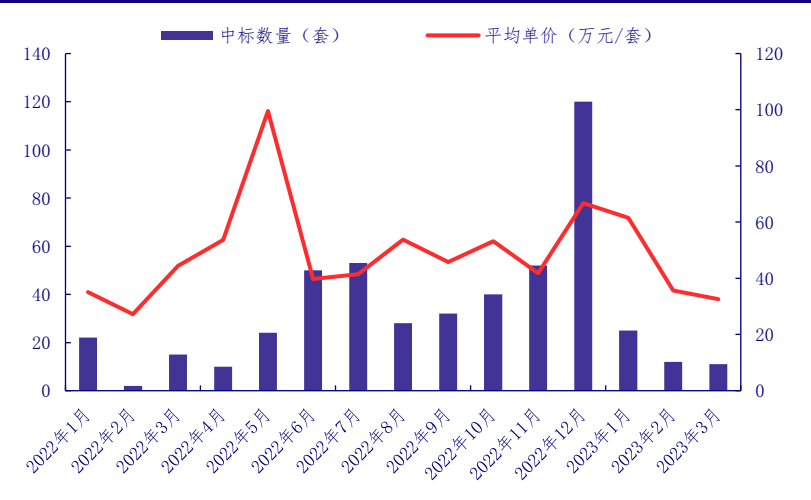
资料来源：中国政府采购网，化工仪器网，中国银河证券研究院

图87. 质谱仪中标数量及均价



资料来源：中国政府采购网，化工仪器网，中国银河证券研究院

图88. 色谱仪中标数量及均价



资料来源：中国政府采购网，化工仪器网，中国银河证券研究院

**政策推动国产科学仪器技术攻坚，国产替代进程有望加速。**2023年2月21日，中共中央政治局第三次集体学习会议强调“要打好科技仪器设备、操作系统和基础软件国产化攻坚战，鼓励科研机构、高校同企业开展联合攻关，提升国产化替代水平和应用规模，争取早日实现用我国自主的研究平台、仪器设备来解决重大基础研究问题”。面对错综复杂的国际政治形势，核心关键技术自主可控将成为我国政策长期发力的重点，国产科学仪器厂商将率先受益。

**(3) 相关标的**

表21. 科学仪器相关标的

企业	简介
聚光科技 (300203.SZ)	公司主营业务是研发、生产和销售应用于环境监测、工业过程分析和安全监测领域的仪器仪表。以先进的检测、信息化软件技术和产品为核心，为环境保护、工业过程、公共安全和工业安全提供分析测量、信息化和运维服务的综合解决方案。

<b>禾信仪器</b> (688622.SH)	公司专注于质谱仪的自主研发、国产化及产业化,并掌握质谱核心技术并具有先进工艺装配能力,是国内质谱仪领域具备自主研发能力的少数企业之一。
<b>莱伯泰科</b> (688056.SH)	公司专业从事实验分析仪器的研发、生产和销售,主要产品包括全自动多功能高通量热裂解仪器、全自动高通量固相萃取系列仪器、全自动和高通量压力萃取系列仪器、全自动和高通量凝胶净化仪器、全自动高通量多功能组合仪器系列、全自动和高通量样品消解仪器系列、全自动和高通量浓缩产品系列、全自动紫外可见分光光谱仪系列、全自动液相色谱仪系列、全自动核素分离仪器系列等。
<b>天瑞仪器</b> (300165.SZ)	公司作为国内化学分析行业的领航者,专业从事以光谱仪、色谱仪、质谱仪为主的高端分析仪器及应用软件的研发、生产、销售和相关技术服务。产品主要应用于环境保护与安全(电子、电气、玩具等各类消费品行业、食品安全、空气、土壤、水质污染检测等)、工业生产质量控制(冶金、建材、石油、化工、贵金属、医疗器械等)、矿产与资源(地质、采矿)、商品检验、质量检验甚至人体微量元素的检验等众多领域。
<b>皖仪科技</b> (688600.SH)	公司是一家专业从事环保在线监测仪器、检漏仪器、实验室分析仪器、电子测量仪器等分析检测仪器的研发、生产、销售和提供相关技术服务的高新技术企业。公司自成立以来,以光谱、质谱、色谱、频谱技术为基础,形成了环保在线监测仪器、检漏仪器、实验室分析仪器、电子测量仪器等四大产品体系,产品广泛应用于环保、化工、电力、汽车制造、新能源锂电池、制冷、生物医药、科研等领域。
<b>普源精电</b> (688337.SH)	公司产品以通用电子测量仪器及其解决方案为核心,在时域和频域测试测量应用方向实现多元化行业覆盖,为教育与科研、工业生产、通信行业、航空航天、交通与能源、消费电子等各行业提供科学研究、产品研发与生产制造的测试测量保障,并在前沿科学技术、新一代信息技术和新型基础设施建设的发展中助力实现国产化替代。
<b>优利德</b> (688628.SH)	公司是亚洲知名且规模较大的仪器仪表公司之一,致力于测试测量仪器仪表的研发、生产和销售,主要产品包括电子电工测试仪表、温度及环境测试仪表、电力及高压测试仪表、测绘测量仪表和测试仪器等。
<b>鼎阳科技</b> (688112.SH)	公司是一家研发驱动型的高新技术企业,设立以来一直专注于通用电子测试测量仪器的开发和技术创新,紧紧抓住电子工业的发展和需求变化,研发出具有自主核心技术的数字示波器、波形与信号发生器、频谱分析仪、矢量网络分析仪等产品。

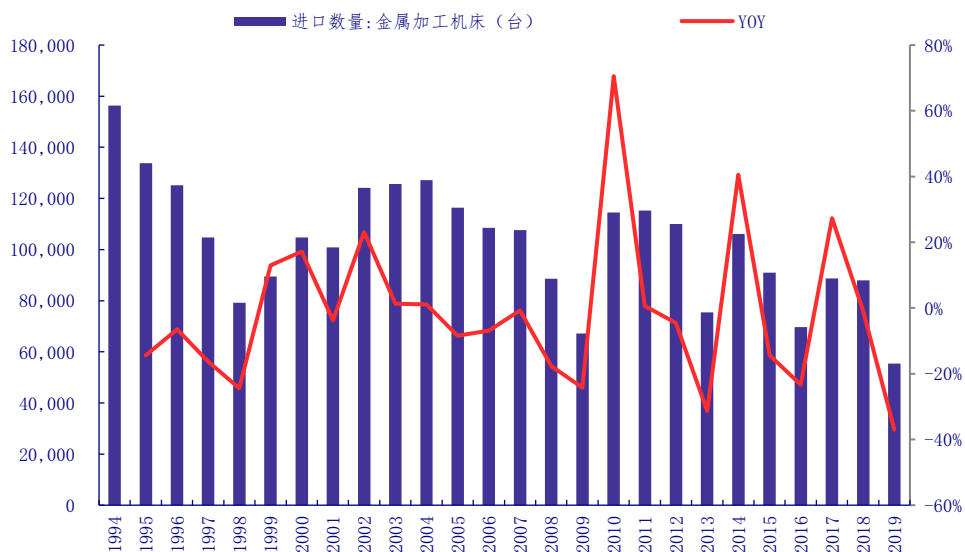
资料来源:中国银河证券研究院整理

## 四、顺周期通用设备板块有望在下半年启动

机床、工业机器人、注塑机、激光等通用自动化设备由于景气度均与制造业投资相关,历史上主要受汽车制造业投资、3C 制造业投资及其他一般制造业投资波动影响,景气趋势上体现出方向上的一致性(幅度有差别),是典型的顺周期板块。

- 机床:** 由于我国机床产业大而不强,中高端机床进口为主,相较国内产量数据,进口数据可以更好地体现产业升级下的需求变动趋势,因此我们选取机床进口数据作为指标。从过去 26 年的机床进口数据来看,机床行业有其 10 年左右的大周期性的特征,但也镶嵌 3-4 年小周期,从增速低谷到下一个周期低谷的时间段分别为: 1998-2001 年, 2001-2005 年, 2005-2009 年, 2009-2013 年, 2013-2016 年, 2016-2019 年, 虽个别年份有领先或滞后,整体也体现出与机器人、激光、注塑机较为一致的变动趋势。

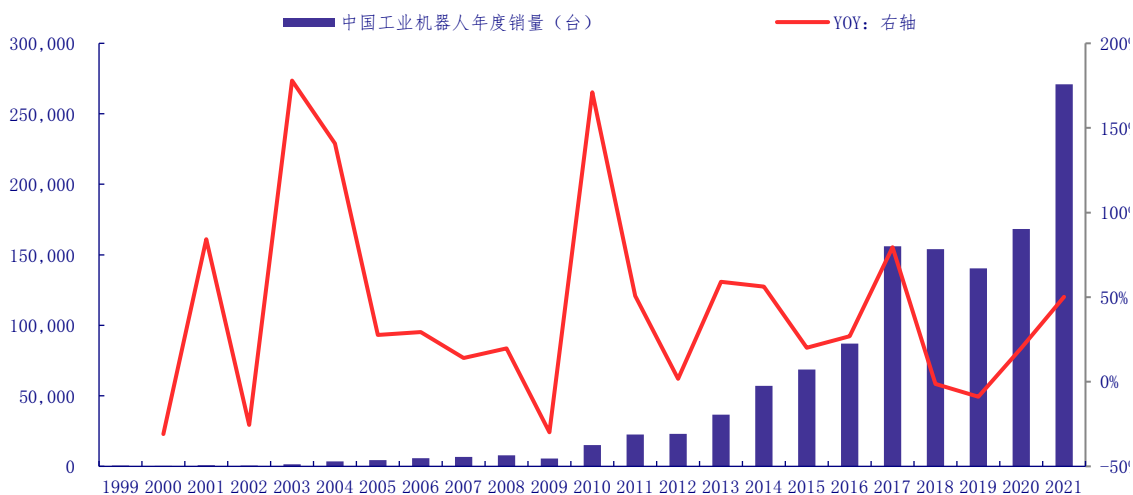
图89. 1994-2019年中国进口机床数量



数据来源: WIND, 中国银河证券研究院

- **工业机器人:** 通过复盘 IFR 公布的 1999 年至 2021 年的工业机器人销量历史数据, 全球工业机器人和中国工业机器人的销量增速有着较为相似的变化趋势, 表现出 3-4 年左右的周期性。

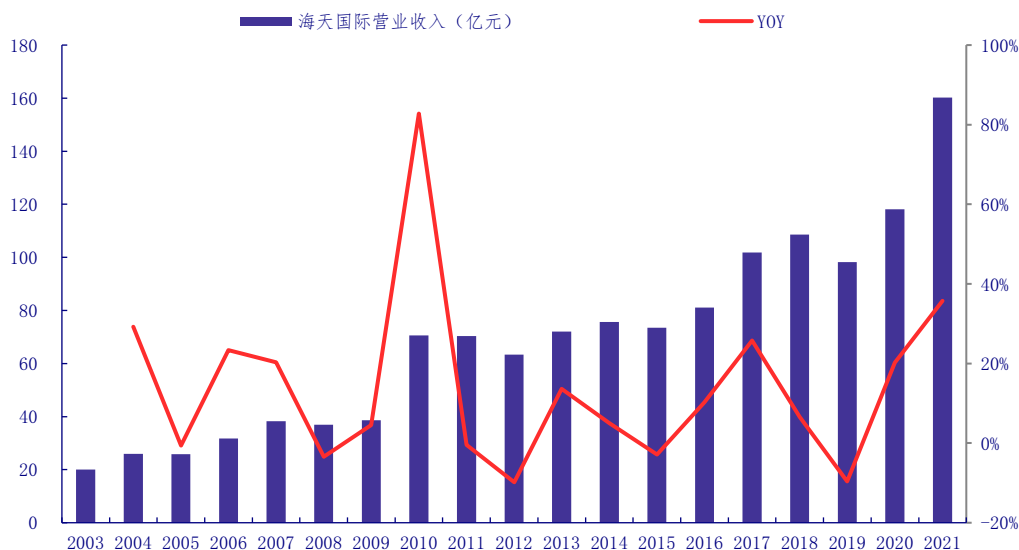
图90. 1999-2021年中国工业机器人年度销量



数据来源: IFR, 中国银河证券研究院

- **注塑机:** 由于注塑机行业缺乏行业性统计数据, 我们以行业龙头海天国际的营收数据为代表说明行业的变化趋势。从海天国际过去 19 年的营收增速变化趋势来看, 同样体现出 3 年左右的周期性特征, 从增速低谷到下一个周期低谷的时间段分别为: 2005-2008 年, 2008-2012 年, 2012-2015 年, 2015-2019 年, 整体体现出与机器人较为一致的变动趋势。

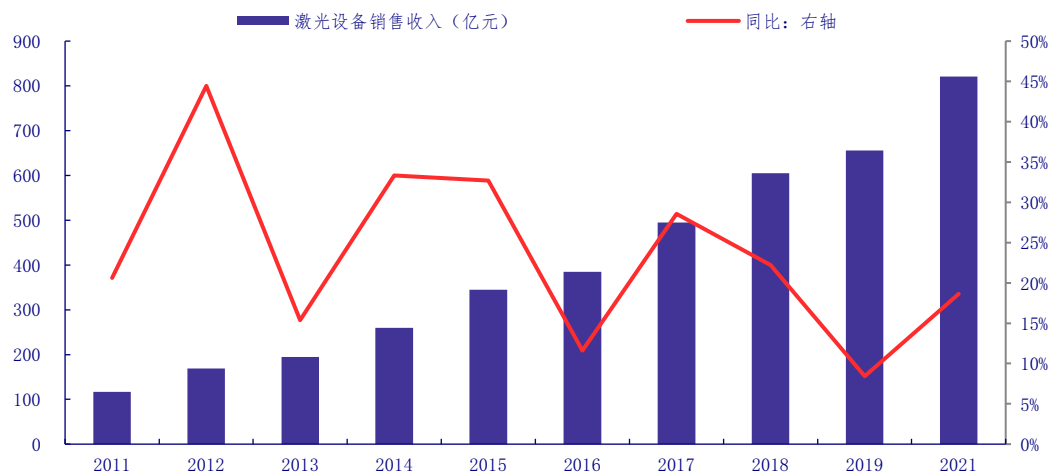
图91. 2003-2021年注塑机龙头海天国际营业收入



数据来源: WIND, 中国银河证券研究院

- **激光:** 我们以武汉文献中心公布的历年中国激光产业发展报告中的中国激光设备销售规模为指标, 可以看出, 激光设备行业同样体现出3年左右的周期性, 过去10年出现过2013-2016年, 2016-2019年两轮周期, 激光作为一个新兴产业链, 数据较短, 从这近两轮的数据来看, 近3年变化趋势与机器人一致, 上一轮较机器人滞后一年。

图92. 中国激光设备市场销售收入及增速

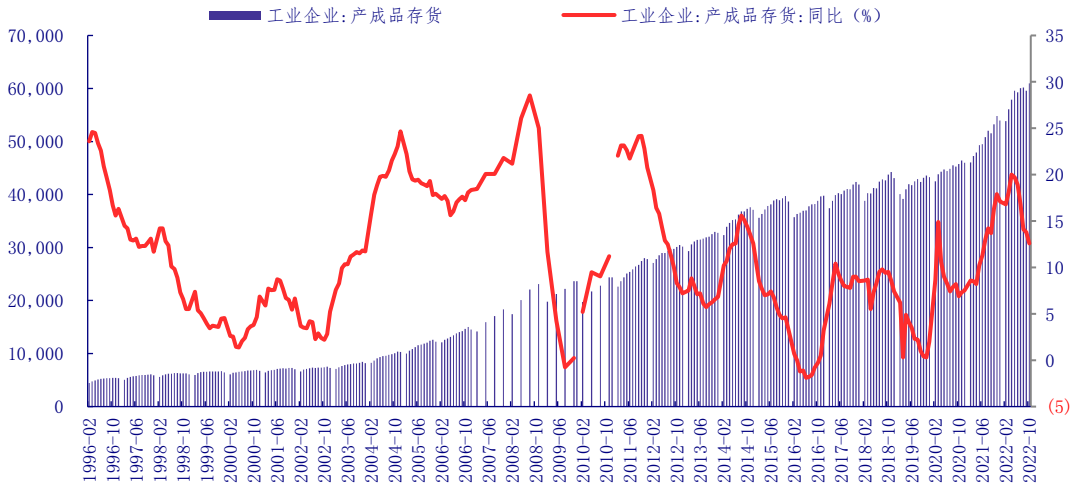


数据来源: 武汉文献中心《2022中国激光产业发展报告》, 中国银河证券研究院

通用自动化各个细分行业显现出的3-4年的小周期特征, 背后是库存周期影响下的制造业投资小周期。从工业企业产成品库存数据来看, 2000年5月、2002年10月、2006年5月、2009年8月、2013年8月、2016年6月、2019年11月为每一轮小周期低点, 平均周期约39个月, 其中上行期约23个月, 下行期约17个月。此轮库存周期的高点出现在2022年4月份, 按历史周期规律推演, 库存周期见底回升将出现在2023年9月。



图93. 工业企业产成品库存约 3-4 年周期，目前仍处去库存阶段



数据来源: WIND, 中国银河证券研究院

当前工业企业库存仍处于较高水平，本轮去库存或需要更长的时间，背后的原因是需求较弱，投资建议结合此轮制造业投资的特征，也就是政策支持下的自主可控选取投资赛道。通用自动化细分行业包括机床产业链（数控刀具、数控机床、机床核心零部件）、机器人产业链（机器人本体、机器人核心零部件）、注塑机、激光产业链（激光器、激光设备、激光控制系统）、叉车、通用减速器、自动化零部件等细分子行业。我们重点看好数控机床、数控刀具以及机器人三大细分子行业，以及受益于商业模式创新或进口替代的其他通用零部件领域。

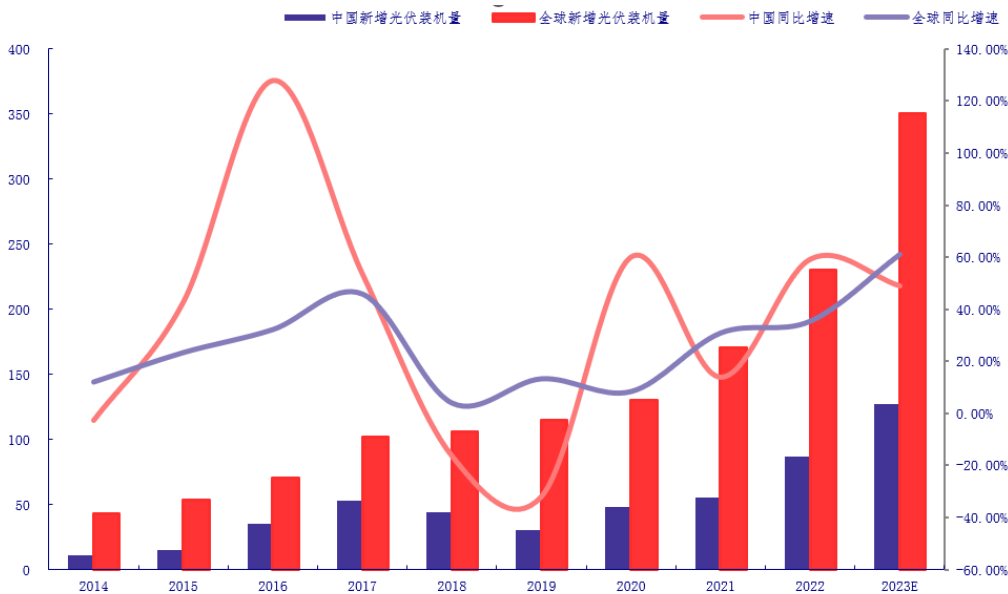
## 五、双碳目标积极推进，把握新一轮能源革命下景气加速细分板块

### （一）光伏设备三大驱动因素：需求提速、供给释放、技术革新

#### 1、需求端：全球需求持续释放，2023 年全球装机或超 350GW

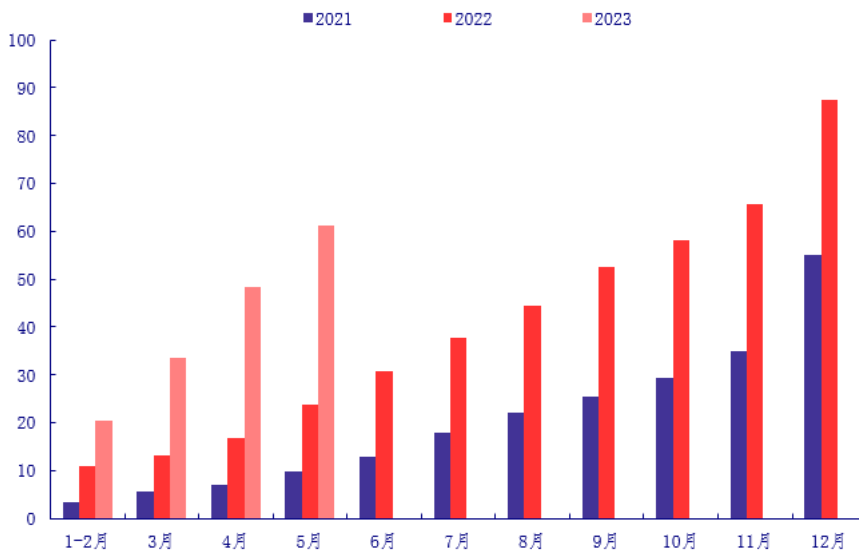
2023 年国内光伏装机或达 127GW,同比增速 49%。据各省十四五光伏装机规模预计 500GW，对应年均 100GW 以上。从装机先行指标招标规模来看，1-11 月有超过 110GW 光伏 EPC 项目启动招标，近 80GW 光伏 EPC 项目公布中标结果（去年同期仅为 10 余 GW），为 2023 年装机高增长奠定基础。

图94. 2023 年全球装机预计超 350GW,同比增速 52.17%



资料来源: CPIA、中国银河证券研究院

图95. 2021—2023 年各年度每月累计装机量 (GW)



资料来源: CPIA、中国银河证券研究院

2023 年全球新增装机预计达 350GW, 同比增速 52.17%。2022 年 1 到 10 月累积出口组件达 154.8GW, 同比增长 74%。其中欧洲组件进口 88.4GW, 俄乌冲突加剧能源紧张局势, 欧盟将 2030 年可再生能源目标从 40% 提升至 45%, 预计 2023 年欧洲装机接近 75GW, 同比增速 35%。

## 2、供给端：硅料长期供不应求的局面将根本扭转, 但将推动光伏行业的装机。

2023 年底硅料产能预计达 200 万吨之上, 预计可支撑装机约 600GW。硅料供不应求的局面得到根本改变, 带动组件价格下降将进一步刺激装机需求, 设备端将受益。以上数据按照

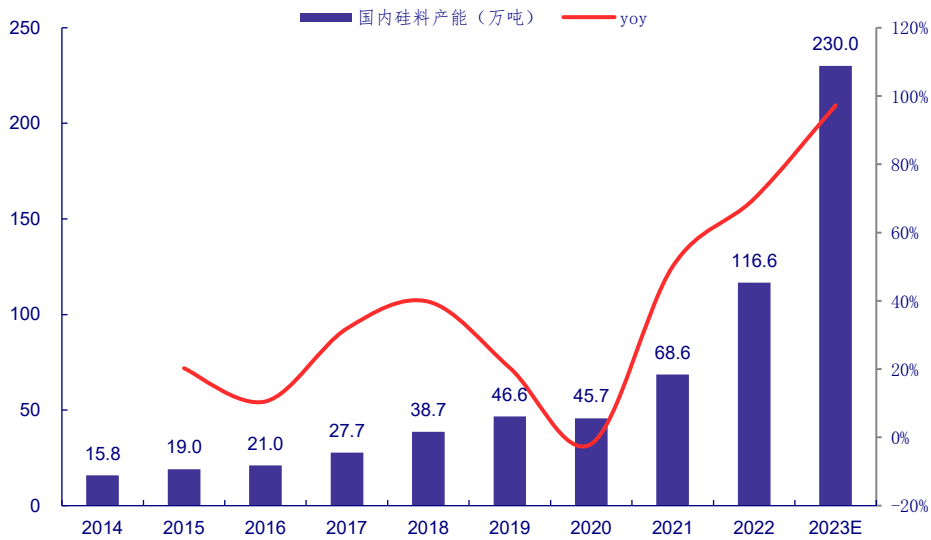
2.8g/w 及 1.2 倍容配比测算。

**供给端相对紧张环节将转移至石英坩埚，非硬性瓶颈，价格具备上涨弹性。**石英坩埚是光伏硅片长晶环节耗材，原材料石英砂在下游需求放量而供给有限的情况下，供需格局趋紧，且高端石英砂供给相对刚性。23 年年装机若按 350gw 测算，对应石英砂需求 8.8 万吨，预计 2023 年全球供给 9.6 万吨，供需比 1.09，处于紧平衡。

国内多晶致密料价格已经基本接近企业的平均生产成本。2023 年月国内多晶致密料价格平均价个从一月的 150 (元/吨) 短暂的上涨到三月的 230 (元/吨) 之后持续下降到六月末的 64 (元/吨)，多晶硅价格持续下跌的空间有限，目前来看，国内多晶致密料价格已经基本接近企业的平均生产成本

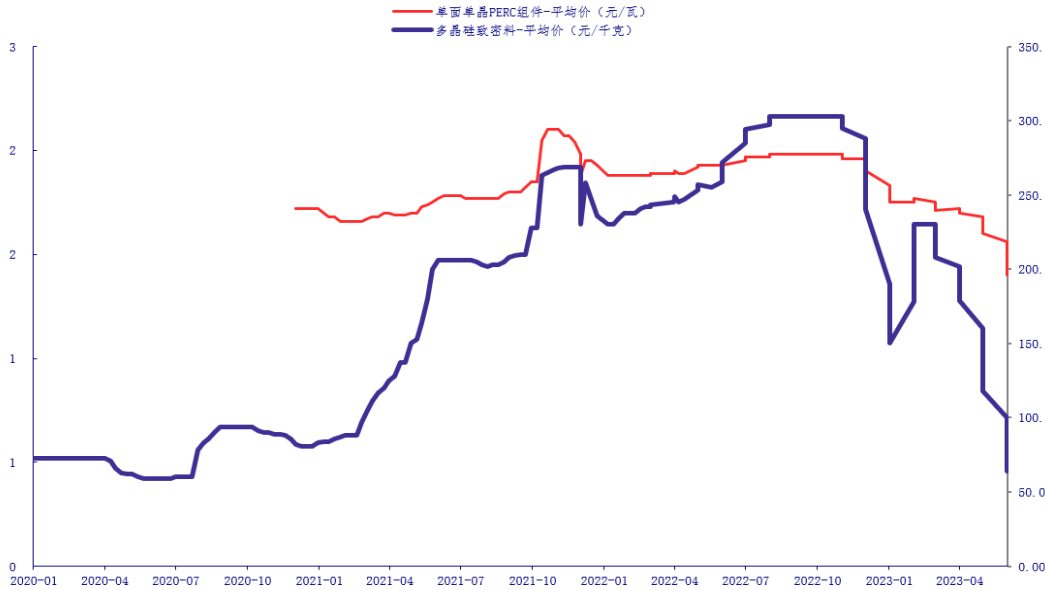
硅料价格的大幅下跌导致的产业链价格的下降将推动光伏行业的装机。全球的新增装机量近年来一直在加速上升中，国内的新增装机量也在逐年上升中。1-5 月国内累计新增光伏装机量为 61.12GW，较 2022 年同期上升 49%。

图96. 国内硅料产能统计-万吨



资料来源: CPIA、中国银河证券研究院

图97. 晶硅致密料价格走势图



资料来源：上海有色网、中国银河证券研究院整理

### 3、光伏产业链面临的技术变革

降低度电成本、开发高效电池，即降本增效是行业发展趋势和主流方向。硅料环节目前主流技术路线为改良西门子法（产物为棒状硅），流化床法（产物为颗粒硅）凭借无需破碎、可连续加料等优势加速渗透；拉棒环节，CCZ 连续直拉法省去了单晶棒冷却时间，大大提升生产效率；硅片向薄片化、大尺寸方向发展，以有效较少单片硅耗量及硅棒的切割损耗，钨丝作为母线的金刚线，目前中钨高新已建成 100 亿米光伏钨丝生产线，处于产能爬坡阶段；在开发高效电池方面，目前主流的 P 型电池向光电转化效率更高的 N 型（TOPcon、HJT、xBC）电池转变，预计 2023 年 HJT、TOPcon 电池占比进一步提升。在上游环节的技术变革影响下及降本增效目标驱动下，组件环节技术变革主要围绕适应电池片调整、提高转换效率及单位电池片密度而进行。

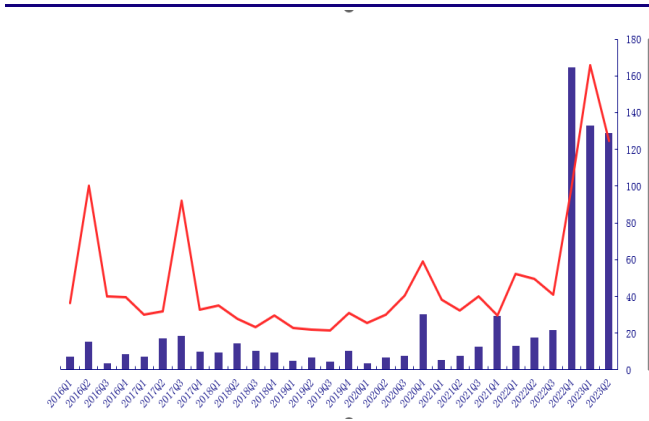
表22. 产业链各环节技术进步方向

环节	技术进步方向	主要手段	对应设备
硅料	降本	颗粒硅	流化床
硅片	降低生产成本，适配 N 型化趋势	大尺寸、低氧型、超导磁场	单晶炉、铸锭炉等
	提高出片率	金刚线细线化	金刚线切割机
	提高检测精度、效率	采用高性能元器件、优化算法	硅片分选机
电池片	增加主栅数量，减少银浆耗量	银包铜、电镀铜	金属化设备等
	改变电池结构，提高光电转换效率	TOPCon、HJT、钙钛矿电池 IBC	PECVD、PVD、刻蚀设备、激光开槽、光注入退火炉
组件	增加主栅数量、减少银浆耗量	大尺寸	串焊机
	降低 BOS 成本	多主栅技术	多主栅串焊机、ibc 串焊机

提高转换效率	半片、三分片等	激光划片机、贴膜机、串焊机
降低生产成本	薄片化等	串焊机、叠瓦机

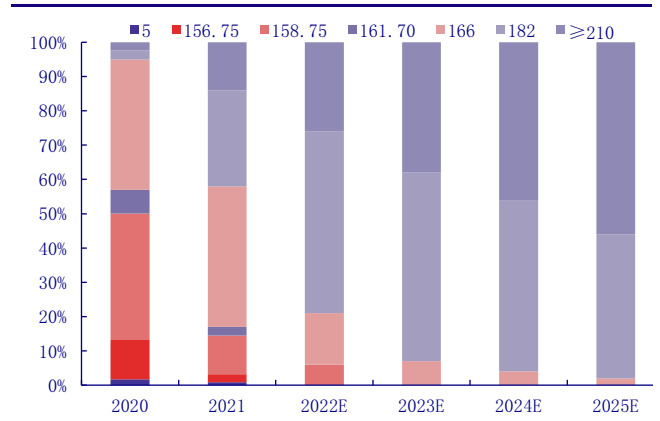
资料来源：公司公告，中国银河证券研究院整理

图98. 2023 年度装机量达 120GW



资料来源：中电联，中国银河证券研究院

图99. 2022 年末大硅片市占率预计近 80%



资料来源：PV InfoLink，中国银河证券研究院

## (二) 光伏设备产业链梳理

### 1、硅片设备

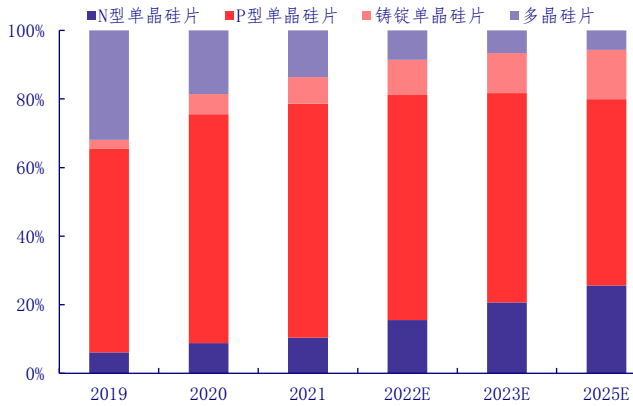
#### (1) 硅片连接上游硅料及下游电池片，目前单晶硅片是市场主流

多晶硅片占比快速减少，单晶硅片市占比从 2016 年不足 20% 提升至 2021 年 95%。硅片是实现多晶硅原料向光伏晶硅电池转变的必经阶段。单晶硅片制造企业主要利用单晶硅炉生产单晶硅棒，多晶硅片企业主要利用铸锭炉生产多晶硅锭，而后再将其加工成单晶硅片或多晶硅片，最终用于制造晶硅电池片。光伏硅片可分为多晶和单晶硅片，当硅原子以金刚石晶格排列晶核的晶面取向相同为单晶，否则为多晶。因单晶电池光电转换效率可比多晶电池高 2-3%，在光伏电池降本增效的目标驱动下，单晶硅片市占比迅速提升。

硅片制造工艺步骤主要包括拉晶、切片，目前设备均已实现国产化，拉晶过程根据掺杂剂不同分别得到 P 型或 N 型硅片，切片步骤目前主要采用金刚线切割。拉晶工艺主要包括 Fz(悬浮区熔法)、Cz(直拉法)，Fz 法可生产高纯度单晶，但对多晶硅原料的尺寸、设备、技术要求较为苛刻，生产成本低，目前主要用于对硅片要求更高的半导体领域。光伏领域主要使用 Cz 法，Cz 法过程中掺杂三价硼族得到 P 型硅片，五价磷族得到 N 型硅片。拉晶环节核心设备为单晶炉，已全面国产化。光伏硅片切割主要采用线锯切割方式，分为游离磨料和固结磨料两种，前者以砂浆切割为代表，通过钢线、游离液体磨料及待切割硅料三者摩擦作用进行切割；后者采用金刚线(金刚石粉固定在钢线上)进行切割，具有切割速度快、硅片品质高、成本低的优点，目前在单晶领域金刚线切割已完全取代砂浆切割。切片环节核心设备为多线切割机，国产厂商已主导市场。

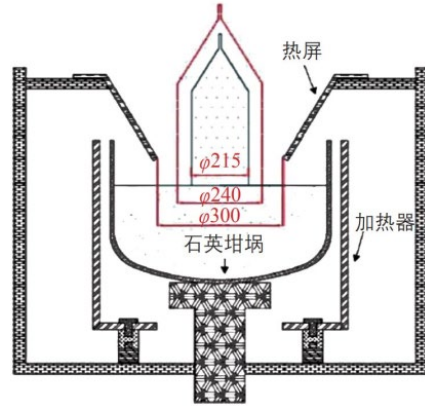


图100. 2019-2025年不同类型硅片市占比变化趋势



资料来源: CPIA, 中国银河证券研究院

图101. 老旧单晶炉已无法拉制 210 大尺寸硅片对应硅棒



资料来源: 隆基绿能, 中国银河证券研究院

## (2) 硅片环节迎大尺寸、薄片化、N型化历史机遇

拉晶环节降本路线主要是大尺寸及优化投料工艺。目前公认大尺寸体系可降低全产业链生产成本约 0.07-0.09 元/w，拉晶环节老旧单晶炉已无法拉制 210 尺寸硅片对应硅棒，单晶炉设备迎更新需求。当硅片尺寸在一定范围内增大时，不换设备只改变夹具就可增加产出率，有效摊薄单位成本。自 2019 年中环 210 和隆基 18X 的相继推出，大尺寸硅片在 2021 年三季度市占比首次超过 50% 并持续增加中。根据 PV InfoLink 预测，到 2022 年末，大尺寸硅片包括 182 和 210 的市占将达 79%。老旧单晶炉设备热屏内径一般不超 300mm，有的仅为 270mm，而目前 210 硅片对应硅棒外径约 300mm，原单晶炉已无法满足 210 尺寸硅片所需硅棒的拉制需求。目前 8-12 英寸第四代且实现全自动化升级，第四代的 160 炉型(210mm 向下兼容 180mm)，热场尺寸达 36 英寸以上，单炉投料量达 2800kg 以上。

RCZ (多次投料复拉法) 在控制单根硅棒时留下部分硅溶液使得坩埚保持高温，可令坩埚多次利用，目前成为主流技术。CCZ (连续直拉法) 可以一边加料一边拉制晶棒，增加了拉晶效率，单晶电阻率一致性强、品质更高，对硅料要求高，更适合拉制 N 型硅，有望成为下一代拉棒主流工艺。

切片环节降本路线主要是薄片化及切割细线化。硅片薄片化可以有效减少硅材料消耗，提高单位产能，目前市场主流的 182、210 单晶硅片厚度达到 160um，相比 2016 年减薄了 16%。2021 年以来，受到硅料价格快速上涨影响，硅片厚度有加速减薄的趋势。同时，为减少切片环节因锯缝造成的硅料损失，金刚线切割呈现细线化趋势，金刚线母线直径已由 2016 年的 80um 降至 2021 年 43um 左右。

N 型电池具有弱光响应好、光致衰减小等优点，有更大的效率提升空间，N 型电池是电池技术发展主要方向，对应 N 型硅片需求进一步增加，N 型硅片相比 P 型硅片需要纯度更高的多晶硅料。根据 CPIA 预测，2022 年 N 型硅片市占将达 10% 左右，预计 2025 年市占达到 25%。

2022 年以来硅棒/硅片规划及在建规模已超 200GW，带动硅片设备需求。产业链垂直一体化趋势愈发明显。2021 年硅料硅片涨价潮以来，光伏电池片、组件厂商愈发认识到硅料、硅片环节重要性，促进部分下游厂商加快垂直一体化的布局，呈现进一步整合趋势。

**表23.2022-2023 年硅片产能统计**

主要硅片产能	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023E
隆基绿能	3	4.5	7.5	15	28	42	85	105	133	190
中环股份	2.5	2.5	3.3	12	23	33	45	88	140	180
晶澳科技	2.5	3	4.5	6	8.1	11.5	18	32	40	70
晶科能源	13	3	5	8	9.7	15	22	32.5	65	75
保利协鑫	-	15	20	25	28	35	25	24.3	24.5	24.5
上机数控	0.5	0	0	0	-	-	9.4	23	35	67
京运通	0	0.5	0.5	0.5	0	2.5	5.1	12	20.5	45
通威股份	0	0	0	0	-	-	0	7.5	15	15
阿特斯	0	0	0.4	1.2	1.7	5	6.1	8.3	20	30
双良节能	0	0	2	0	-	-	0	7	40	50
高景	0	0	0	0	-	-	0	12	30	75
环太集团	1.3	2.5	3	3.6	5.1	4.1	5.1	10	10	10
锦州阳光	1	1	1	1	1.8	3	4.5	9	9.5	9.5
荣德新能源	2	2.6	3	3.6	7.2	7.8	7.6	7.6	7.6	7.6
宜昌南玻	0.5	1	1.5	2	2	2	2.2	2.2	2.2	2.2
天合光能	1.7	1.8	1.8	1.8	3.5	3.5	2.3	-	6.5	26.5
英利集团	3	3.8	4.3	4.3	5.3	5.3	0	0	0	0
赛维 LDK	4.8	3	3.8	3.8	3.8	3.8	0	0	0	0
旭阳雷迪	1.5	2	3	4.2	4	4	0	0	0	0
浙江昱辉	3.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
山东大海	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
韩华	1.5	2	2	0	0	0	0	0	0	0
其他	22	25.1	2.8	6	0	10	10	0	10	10
硅片产能合计	122.3	161.2	185.3	243.3	380.6	641.3	887.3	380.6	641.3	887.3
其中单晶硅片产能	-	-	-	194.1	339	585	768.5	339	585	768.5

资料来源：公司公告，中国银河证券研究院

### (3) 硅片设备：低氧性单晶炉助力 N 型硅片优化 & 电池效率提升，竞争格局头部集中

长晶炉需求爆发：在硅片制造工艺流程中，核心设备主要包括长晶炉、截断机、滚磨机、切片机及分选机，其中单晶炉价值占比最大。过去几年行业收益单晶迭代多晶以及大小尺寸等技术革新，行业扩展需求增长。

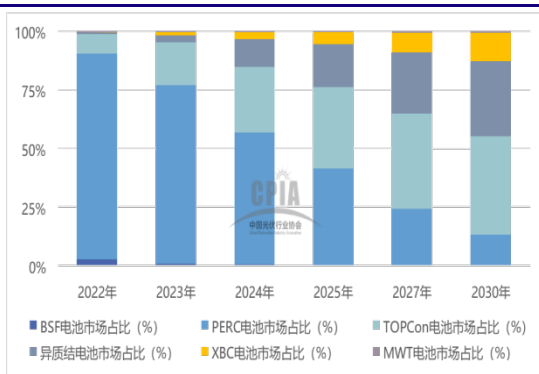
光伏 N 型时代，以低氧高效为核心，单晶炉迎超导磁场技术变革：N 型硅片对晶体品质和氧碳含量要求很高，要求更高的少子寿命和更低的氧含量。N 型硅片容易产生由原生氧造成同心圆、黑芯片问题，影响效率和良率，降低氧含量，提高少子寿命可以解决同心圆问题而超导磁场主要作用是可以减少对流，减少晶体材料里面的氧含量，还可以提升生晶体生长。

## 2、电池片设备

### (1) P 型向 N 型转换，高效电池技术路线引领光伏发展新纪元

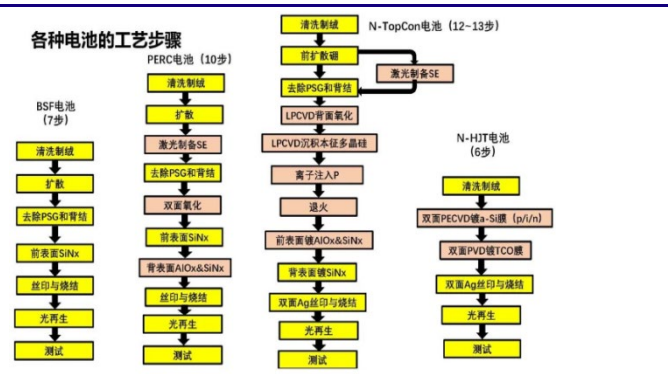
2022年，PERC电池片市场占比下降至88%，N型电池片占比合计升至9.1%，其中N型TOPCon电池片市场占比约8.3%，异质结电池片市场占比约0.6%，XBC电池片市场占比约0.2%，随着N型电池成本的降低及良率的提升，市占有望继续提升。对五年以来的电池片渗透率进行复盘，2017年常规BSF电池市占率达83%，随着PERC效率得到市场认可，市占率由2017年15%提升至2021年91.2%，2022年PERC开始全面替代BSF电池。2022年，新建量产产线仍以PERC电池产线为主，随着N型电池新产能持续释放，PERC市场占比减少至88%。随着N型电池成本的降低及良率的提升，N型电池（主要包括异质结电池和TOPCon电池）量产规模有所提升，市占比从2021年的3%上升至9.1%，近年TOPCon、HJT设备开始大规模量产，工艺技术日趋成熟，异质结电池设备投资额仍为TOPCon两倍左右（目前PERC、TOPCon、HJT单GW设备投资成本分别为1.55、1.9、3.64亿元）。根据CPIA预测，伴随高效N型电池生产成本的降低及良率的提升，预计2027年N型电池量产线市占比将超50%。

图102. 2022-2030年各种电池技术市场占比变化趋势



资料来源：CPIA，中国银河证券研究院

图103. 各电池工艺步骤



资料来源：华晟新能源，中国银河证券研究院

TOPCon与PERC产线兼容性高，可以由PERC电池设备升级改造，激光掺杂有望进一步提升效率，先进电池厂良率已接近PERC电池产品，截止2022年末产能达到88.9GW。限制PERC电池技术发展主要原因是效率提升问题，2022年PERC电池平均量产转换效率已达到23.2%，较2021年提高0.1个百分点，增速放缓，已接近PERC24.5%效率极限。TOPCon通过在电池表面制备一层超薄隧穿氧化层和一层高掺杂的多晶硅薄层，二者共同形成钝化接触结构，提升电池开路电压和短路电流，从而实现光电转换效率。TOPCon单晶电池2022年量产平均转换效率24.5%(CPIA)，极限效率值为28.7%，有很大提升空间。硼在硅中扩散慢，常规扩散方法难度高，而激光掺杂具有低损伤、高效掺杂等优势，激光掺杂有望进一步提升效率。

表24. TOPCon2023年预计达到417GW(不完全统计)

产能 (GW)	2020年	2021年	2022年	2023E	2024E	2025E
天合光能	0.0	0.0	0.0	40.0	40.0	60.0
晶科能源	0.9	0.9	16.9	35.9	52.0	54.0
钧达股份	0.0	0.0	8.0	31.0	44.0	44.0
通威股份	0.0	1.0	10.0	18.0	26.0	42.0
晶澳科技	0.0	0.0	1.3	28.3	40.0	40.0
中来股份	2.1	3.6	7.6	19.6	33.1	33.1
一道新能	0.0	0.0	5.0	12.0	30.0	30.0

阿特斯	0.0	0.0	0.0	30.0	30.0	30.0
隆基绿能	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	30.0
顺风光电	0.0	0.0	2.0	7.0	12.0	27.0
棒杰股份	0.0	0.0	0.0	2.0	10.0	26.0
协鑫集成	0.0	0.0	0.0	10.0	20.0	25.0
中清集团	0.0	0.0	0.8	14.0	25.0	25.0
TCL 中环	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0
润阳股份	0.0	0.0	10.0	15.0	24.0	24.0
仕净科技	0.0	0.0	0.0	1.0	18.0	24.0
弘元绿能(原上机数控)	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	24.0
麦迪科技	0.0	0.0	0.0	6.0	21.0	21.0
沐邦高科	0.0	0.0	0.0	20.0	20.0	20.0
皇氏集团	0.0	0.0	0.0	5.0	15.0	20.0
横店东磁	0.0	0.0	0.0	6.0	12.0	20.0
浙江日月太阳能	0.0	0.0	0.0	10.0	20.0	20.0
英发德耀	0.0	0.0	0.0	10.0	20.0	20.0
正奇控股	0.0	0.0	0.0	3.0	10.0	20.0
安稳资本	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	20.0
友华科技	0.0	0.0	0.0	5.0	15.0	20.0
正泰新能	0.0	0.0	4.0	11.5	17.0	17.0
明牌珠宝	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	16.0
中润光能	0.0	0.0	0.0	8.0	16.0	16.0
林洋能源	0.0	0.0	0.0	3.0	10.5	12.0
永和智控	0.0	0.0	0.0	2.0	6.0	12.0
东方日升	0.5	0.5	0.5	6.5	6.5	10.5
聆达股份	0.0	0.0	0.0	5.0	7.5	10.0
亿晶光电	0.0	0.0	0.0	5.0	10.0	10.0
新瑞光电	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0
鸿禧能源	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0
海源复材	0.0	0.0	0.0	1.0	4.0	10.0
旭合科技	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0
晶优光伏	0.0	0.0	0.0	5.0	10.0	10.0
羲和	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0
向日葵	0.0	0.0	0.0	1.3	5.0	10.0
江苏瑞晶	0.0	0.0	0.0	5.0	10.0	10.0
润达光伏	0.0	0.0	0.0	6.0	10.0	10.0
清云能源	0.0	0.0	0.0	5.0	10.0	10.0
海泰新能	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	10.0
赛福天	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0
浙江泰衢	0.0	0.0	0.0	6.0	8.0	8.0

中科云网	0.0	0.0	0.0	1.5	5.0	7.0
泰恒新能源	0.0	0.0	0.0	5.0	5.0	5.0
赛拉弗	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	5.0
太一光能	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	5.0
正信投资有限公司	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	5.0
华东重机	0.0	0.0	0.0	2.0	3.5	3.5
韩华(韩国)	0.0	0.0	0.6	3.1	3.1	3.1
大恒能源	0.0	0.0	0.0	1.5	3.0	3.0
昱辉光能	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	2.0
LGE(韩国)	0.0	0.0	1.5	1.5	1.5	1.5
苏州潞能	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0
REC(新加坡)	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3
合计	3.5	6.0	68.5	417.0	833.5	1017.0

资料来源：公司公告，巨潮资讯网，索比光伏网，北极星太阳能光伏网，中国银河证券研究整理预测

**HJT 电池工序简单可控、光致衰减低、效率高，相较其他路线有明显优势，目前单瓦制造成本高是阻碍 HJT 迅速扩张的重要原因。**目前 HJT 电池组件 1GW 单位产能设备投资额约 3.64 亿元人民币左右。主要降本增效路线：**一是微晶技术量产**，电池片平均转换效率显著提升。**二是浆料平价**，通过引入无主栅异质结电池量产线建设、叠层电池研发、优化网版、银包铜量产导入等工作，显著降低浆料成本。目前华晟 M6-12BB 电池单片银耗量已降至 150mg 以下，导入银包铜浆料后年内有望将 HJT 电池银浆耗量降至 120mg/片。**三是电池金属化**，表面金属化的工艺水准则是电池光电转化效率和电池成本高低的主要影响因素之一，电镀技术和喷墨打印金属电极技术正在代替传统丝网印刷，成为未来几年高效异质结电池金属化技术的主流技术。

表25.HJT 电池扩建项目统计（不完全统计）

产能 (GW)	2020	2021	2022	2023 E	2024 E	2025 E	拟扩产规模	具体内容	公告时间
爱康科技	0	0.22	0.82	2	9.25	16.41	40	爱康科技到 2023 年有望形成 20GW 电池产能，到 2025 年将形成 40GW 电池和组件产能	2022 年 12 月 9 日

华晟新能源	0	0.5	2.7	15	30.5	42.5	20	1. 预计 2022Q2 形成 2.7GW 异质结产能 2. 截至 2022 年底, 公司预计实现 2.7GW 的产能, 累计出货量将超 1GW, 2023 年投产产能将达到 12GW, 出货量超 4GW。 3. 3.5 年规划 20GW; 2022 年 12 月 7 日索比光伏网, 目前宣城一期、二期项目已投产 2.7GW, 三期已在建设中, 计划 2023 年 1 月搬入设备, 四期预计于本年度 12 月启动, 五期于 2023 年一季度启动, 合计产能达 10GW; 无锡项目则预计在 2023 年 6 月搬入设备	2022 年 4 月 8 日
宝馨科技	0	0	0	2	10	23	24	项目总投约 127.2 亿元, 分三期建设 18GW 高效异质结电池和 8GW 光伏组件生产线; 公司研发和生产的 HJT 设备拟将应用于 2GW 的 HJT 光伏电池项目, 公司将根据项目情况进行详细的工艺论证、方案设计等; 8.8 宝馨光能 2GW 异质结光伏电池项目项目奠基活动在蚌埠市怀远县举行, 有望 2023 年 5 月投产; 宝鑫科技拟与安徽怀远人民政府打造 6GW 高效异质结电池及相关产品高端制造项目签署项目投资合同, 项目建设内容为 6GW 高效益直接光伏电池及 6GW 光伏组件、新能源高端装备相关产品的研发、生产及制造等。分两期实施。	2023 年 1 月 19 日
捷登智能									
东方日升	0	0	0.5	9	19	19	15	公司 22 年 12 月表示异质结产品光伏组件电池和组件产能在 2023 年上半年达到 5GW, 到 2023 年下半年则将达到 15GW; 公司宁海 5gw 异质结电池片产能预计 23 年 4 月投产, 金坛 4gw 异质结预计 23 年年中投产 公司 500MW 异质结电池中试线已于 2022 年 5 月下线首片 210 尺寸	2022 年 12 月 24 日



								半片超薄电池片，平均效率达25.2%，良品率达98.5%	
华润电力	0	0	0	0	0	12	12	华润电力12GW高效异质结太阳能电池及组件项目，包括24条500MW二代异质结太阳能电池生产装备线等主体工程，2021年8月开工，预计2025年达产；2022年5月24日，华润电力发布其12GW高效异质结太阳能带你吃及组件项目配套标准厂房工程总承包招标公告。	2022年5月26日
明阳智能	0	0	0	2.5	2.5	5	5	盐城5GW光伏异质结电池设备采购已完成，已开工建设；第一期规划建设产能为2GW的HJT电池片和HJT光伏组件，预计年内建成投产。	2022年10月21日
海泰新能	0	0	0	0	2.5	5	5	分两期建设，一期2GW异质结电池及2GW组件，二期3GW异质结电池及3GW组件	2022年2月28日
金刚玻璃	0	0	1.2	6	6	6	4.8	拟投资建设4.8GWHJT及组件项目，建设周期为18个月，分两期	2022年6月18日
润阳股份	0	0	0	0	0	5	5	IPO	2022年7月26日
华耀光电	0	0	0	0	0	10	10	1.2022年6月30日，华耀光电位于常州金坛区的10GW N型高效光伏组件正式开工 2.2022年8月，呼和浩特经济技术开发区管委会与华耀光电科技股份有限公司举行10GW光伏N型电池片生产项目签约仪式。	2022年6月30日
璐能能源	0	0	0	1	1	1	1	在江苏张家港投建了1GW异质结光伏电池，此项目于2021年开工，预计2022年投产。	

太一光伏	0	0	0	0	0	5	5	徐州空港太一光伏电池生产项目：一期建设 5GW TOPCon 光伏电池，建设周期为两年，二期建设 5GW HJT 光伏电池。	2022 年 7 月 25 日
国润能源	0	0	0	5	5	5	3	3GW 开工，明年投产	2022 年 6 月 30 日
中利腾晖	0	0	0	0	2	5	5	中利旗下腾晖光伏与众为新能源合资成立“河北众立腾晖新能源技术有限公司”，拟 5 年内在阜平投建 5GW 异质结电池	2022 年 3 月 22 日
海源复材	0	0	0	0.6	1.6	10.6	0.6	海源复材以全资孙公司新余赛维能源科技有限公司为投资主体，在江西省新余市国家级高新技术开发区投资建设 600MW HJT 高效异质结电池生产项目；投资标的：10GW TOPCon 光伏电池项目（一期），其中 1-1 期为 4GW TOPCon 光伏电池项目，1-2 期为 6GW TOPCon 光伏电池项目；5GW HJT 超高效光伏电池及 3GW 高效光伏组件项目（二期）。投资主体：全资子公司滁州赛维能源科技有限公司	2022/6/1 2022/12/2 3
乾景园林	0	0	0	0	1	1	3	公司拟向国晟能源发行 A 股股票募集资金总额后，将用于用于“1GW 高效异质结电池生产项目”及“2GW 高效异质结太阳能组件生产项目”	2022 年 11 月 10 日
国晟能源	0	0	3	4	9	14	10	国晟中标项目规模为年产 5GW 太阳能电池（二期 1GW、二期 1GW、三期 3GW）、5GW 太阳能组件（二期 1GW、二期 1GW、三期 3GW）	2022 年 8 月 10 日
钧石能源	0.6	0.6	1	1	5	10	10	2020 年，山煤国际与钧石能源达成 10GW HJT 项目建设合作，至今该项目仍处于前期准备阶段	2020 年
中建材浚鑫	0	0	0	2.5	5	5	5	5GW 签约江阴临港	2021 年 6 月
中苏湖广	0	0	0	0	0	5	5	5GW 签约落户玉山	2021 年 7 月

晶飞光伏	0	0	0	0	0	2.6	2.6		2021年7月
比太新能源	0	0	0	0	1	2	2	建2GW项目，落户千阳	2021年12月
湖南通泽太阳能	0	0	0	0	5	10	10	分两步实施，总建设周期约36个月，建成后预计年产值200亿元，年纳税5亿元	2022年12月15日
隆基股份	0	0	0	0	0	1.2	1.2	预计高效电池产能1.2GW	2022年4月14日
水发能源	0	0	0	0	0	5	5	与东营经济技术开发区举行5GW异质结光伏电池片及配套项目线上签约仪式，项目一期计划投资20亿元	2022年4月21日
明牌珠宝	0	0	0	0	0	4	4	与绍兴柯桥经济技术开发区管理委员会签订投资协议。项目二期建设6GW产能的TOPCon技术电池片及4GW产能的HJT技术电池片。	2023年2月4日
奥维通信	0	0	0	0	1	3	5	于2022年12月30日与淮南市田家庵区人民政府、上海焯熠签署了《投资框架协议》。投资建设5GW高效异质结（HJT）太阳能电池及组件项目	2023年1月3日
新瑞光电	0	0	0	0	0	6		新瑞光电12GW新型高效光伏电池项目立项总投资100亿元，占地436亩，设备投资30亿元，年产12GW新型高效TOPCon、HJT光伏电池。	2023年1月31日
三五互联	0	0	0	5	5	8	5	“5GW超高效异质结（HJT）电池5G智慧工厂”项目计划总投资约25亿元人民币，5GW生产线建设预计将于2024年12月前全部建成并正式投产。第一阶段2GW生产线建设投资10亿元，预计将于2023年12月前建成并正式投产。	2022年12月26日
国电投	0	0	0	2.5	5	5	5	1月1日上午，龙港市举行2023年第一批重大项目集中开工暨国电投新能源5GW高效异质结电池及组件生产基地项目开工仪式。	2023年1月1日

欧昊集团	0	0	0	0	6	6	6	“年产 6GW 高效异质结电池片、2GW 组件生产项目”，预计总投资 60 亿元，初期建设用地约为 400 亩，中长期扩产建设用地约为 800 亩。该项目计划购置异质结电池片生产线 10 条，预计 2023 年 12 月前开工，2024 年年底建成投产。	2022 年 12 月 30 日
正业科技	0	0	0	0	1	5	5	5GW 光伏组件及 8GW 异质结光伏电池片生产基地投资项目	2022 年 12 月 21 日
合计	0.6	1.32	9.22	58.1	133.35	263.31	107.7	---	---

资料来源：公司公告，中国银河证券研究院整理

xBC 技术将 PN 结、基底与发射区的接触电极以交指形状做在电池背面，可最大减少光学损失，相较于常规电池可以获得更高的电流，目前制程工艺复杂，激光开槽技术可用于背面钝化层开膜上，可简化工艺流程，大幅降低生产成本。目前，美国 SunPower 是首个能够实现量产 IBC 电池的公司，其最新一代的 Maxeon6 量产转化效率已经突破 25%；国内隆基泰州 4GW+西咸 29GW HPBC 产能已投产，爱旭珠海基地首期 6.5GW ABC 项目已顺利投产，且与德国 Memodo 公司签订 1.3GW ABC 组件的采购协议，义乌基地首期 2GW ABC 产能将在今年建成。

## （2）关注 HJT 降本路线：核心零部件国产化及铜电镀技术

一是核心部件国产化进度，迈为股份已投资 23.12 亿元于异质结太阳能电池片设备产业化项目，新建电池设备制造基地，旨在生产 PECVD、PVD 及自动化设备；二是银浆降本，去银化思路推荐电镀铜，金属铜代替银浆，从而实现银浆降本。HJT 电镀铜工艺八廓沉积种子层、图形化、镀铜、后处理。2023 年 6 月，太阳井新能源通过自研 10-15mm 的掩膜材料、独家发明的柔性接触供电等关键工艺和创新，投入 1 亿美金以上的投资额，使全球首创的 HJT 低成本铜制程方案于 2023 年初开始 1GW 初步量产计划，并于 2023.4.30 在客户端成功验收 200MW。

## 3、新技术变革下组件设备（串焊设备）有望迎来量价齐升

### （1）组件设备环节主要受上游技术变革及降本增效高效双重因素影响

在上游环节的技术变革影响下及降本增效目标驱动下，组件环节技术进步方向主要包括适应电池片栅线调整的多主栅串焊工艺、提高光电转换效率的半片等工艺、提高单位面积电池密度方向的叠瓦、拼片等工艺。

2022 年以来，行业对串焊机的需求基本统一为兼容大尺寸。随着光伏硅片持续朝着大尺寸、薄片化方向发展，串焊机正向着多主栅高精度串焊机方向发展。目前奥斯维的大尺寸超高速串焊机能够兼容 9-20 主栅，最大可兼容 230mm 尺寸的电池片。光伏组件制备核心设备为串焊机，价值量占组件设备价值量的三分之一左右，受益于大尺寸组件的占比上升，串焊机更新

周期由原来的 3-5 年缩短至一年半。

薄片化降本的逻辑在于降低单片硅耗，在控制碎片率的前提下实现降本目的。根据爱康科技测算，硅片厚度每降低 10um，成本可便宜 0.16 元/w，若 HJT 厚度从 170um 下降至 120um，成本相对于 PERC 具有优势。Topcon 在高温工艺下如果硅片厚度过薄，其钝化层会存在浆料烧穿的情况，致使良率大幅降低，由于 HJT 为低温工艺，比 TOPcon 更容易实现薄片化。目前 TOPcon 厚度通常在 160um 以上，HJT 可以做到 120um。薄片化对串焊提出更高的要求以控制碎片率。

## (2) N 型电池扩产有望提升组件设备价值量

SMBB 主要通过将细栅变窄实现降低银浆量目标，适用于细栅银浆耗量更大的 TOPcon 电池。HJT 使用的为低温浆料，其颗粒比高温银浆更大，所以不能降低主栅和细栅的线径，降低细栅的银浆耗量而增加主栅数量无法吸纳来降低 HJT 的成本。更细的栅线对定位的精准度、焊接的精准度等提出更高的要求，有望带动单 GW 设备价值量提升。

OBB 主要针对 HJT 电池，能够完全去除主栅的银浆耗量，该技术对于串焊机放置焊带及电池片的精准度要求更高，现有的串焊机因无点胶、印刷机、固化的功能而较难改造为 OBB。

综上，随着 N 型电池扩产加快，串焊设备单 GW 价值量有望提升。

表26.新技术路线对串焊设备提出更高的要求

技术路线	焊接工艺差异	主栅技术	主栅技术对设备的要求	预计设备量产时点
TOPCon	800℃烧结，焊带线径更细	SMBB	焊带线径更窄，需要更加精准的定位	2023 年已量产
HJT	焊接温度 200℃，需要使用锡铅等熔点较低的焊带焊料	OBB 无主栅	对串焊机放置焊带、电池片对位的精度要求较高；需要增加点胶、印刷胶、固化功能	2023 年底/2024 年
XBC	单面焊接	-	使用主流红外焊接会出现翘曲，难以薄片化	2023 年已量产

资料来源：光伏电池片自动串焊关键技术的研究，中国银河证券研究院整理

## (三) 第三代太阳能电池钙钛矿产业化加速

### 1、钙钛矿电池 (PSCs) 是第三代太阳能电池代表

#### (1) 从晶硅到钙钛矿，钙钛矿材料介绍、光电特性及工作原理

第一代晶硅电池目前最成熟，第二代薄膜电池相比第一代具有质量轻、转换效率高的优势，但电池活性层材料昂贵且设备成本高等因素限制其大面积制备和商业化，第三代新型太阳能电池凭借材料成本低、效率高、工艺流程短等优势成为产业界和学术界热点。

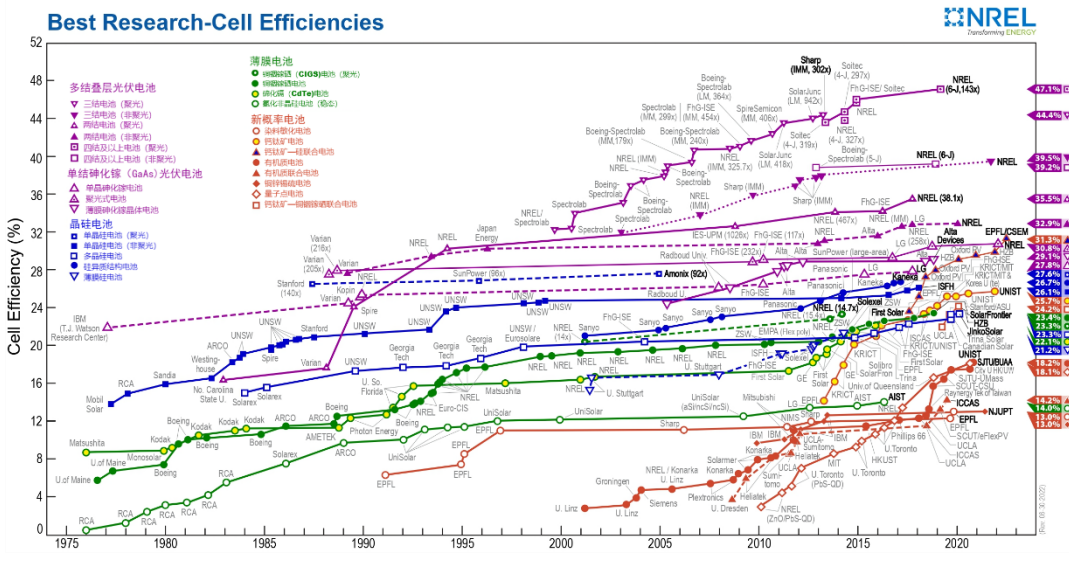
广义的钙钛矿其实是指具有  $ABX_3$  型的化学组成的化合物：A 位一般由有机无机杂化，包括甲氨  $CH_3NH_3$  或者甲醚有机的分子，或无机的铯，B 位一般由硒或者铅，X 位一般都是卤素，



ABX 通过化学配位键进行连接，形成 ABX<sub>3</sub> 结构式，这种结构称为钙钛矿，用在钙钛矿电池的吸光层。

钙钛矿具有优异的光能吸收性，较高光吸收系数有利于减少光学损失，在 300-800nm 波长范围均有高吸收系数(大于  $3 \times 10^4 \text{cm}^{-1}$ )。缺陷态密度低使得非辐射复合率很低，电压损失值小，开路电压损失在 0.3-0.4v 之间。钙钛矿材料可以通过调节组分，使其能带间隙在 1.4~2.3eV 之间连续可调，因此可以衍生出区别于硅基光伏的应用。目前最常用的钙钛矿材料 MAPbI<sub>3</sub> 和 FAPbI<sub>3</sub> 的禁带宽度位于 1.5-1.6eV，其理论最大光电转化效率均处于 30% 以上。连续可调的带隙宽度可制备钙钛矿叠层多结电池。通过对钙钛矿进行组分调控，可实现带隙连续调控，通过调整 A、B 和 X 含量可以获得不同组分钙钛矿材料，对应钙钛矿材料的带隙及能级分布也各不相同。

图104. 太阳能电池的认证效率图（第一代蓝色线、第二代为绿色线、第三代为橙色线）



资料来源: NREL, 中国银河证券研究院整理

## 2、效率提升空间大，降本优势明显

### (1) 钙钛矿理论极限效率高于晶硅电池，可达 30% 以上

钙钛矿太阳能电池 (PSCs) 单结理论极限效率超 30%，叠层模式下可达 40% 以上，相比晶硅电池效率提升空间大，主要因为人工设计后的钙钛矿材料带隙可以达到或接近 s-q 理论下吸光层最优带隙 (1.3-1.5eV)。钙钛矿电池实验效率从 2009 年的 3.8% 提升至目前的 25.7%，电池效率提升速度远快于晶硅电池的核心原因是钙钛矿电池材料可设计性强。

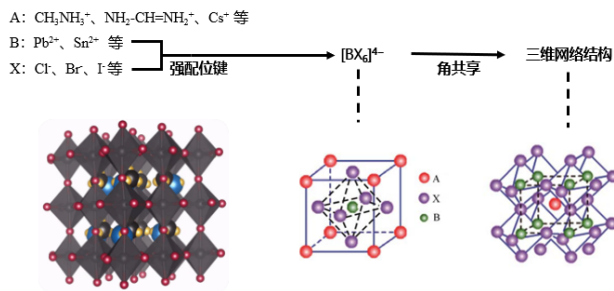
### (2) 产业化效率稳步提升，大面积组件 (0.72m<sup>2</sup>) 效率达到 17.18%

产业化效率稳步提升，大面积组件 (0.72m<sup>2</sup>) 效率达到 17.18%，2023 年 6 月 30 日，极电光能宣布已在 0.72m<sup>2</sup> 钙钛矿量产组件上实现了 17.18% 的全面积效率，正在进行稳定性认证测试。这是商用尺寸钙钛矿组件全面积效率首次突破 17%，对于实现钙钛矿在光伏市场的大规模商业化有重要意义。2023 年玻璃基中试组件最高转换效率预计达 19.3%。近年来产业化效率呈现逐步上升趋势，2019 年协鑫光电在实现 1241.16cm<sup>2</sup> 面积 15.31% 的效率，同年杭州纤



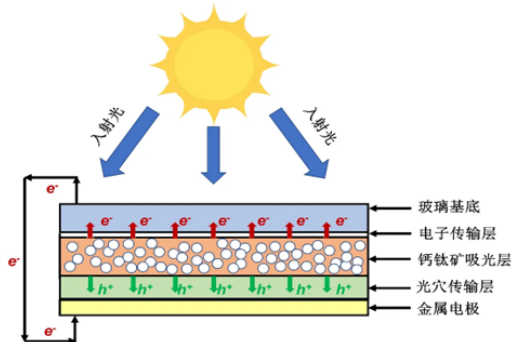
纳在 300cm<sup>2</sup> 尺寸的钙钛矿组件实现 14.3% 效率, 华能集团 2019 年实现 100cm<sup>2</sup> 组件效率 18%, 2021 年实现 3500cm<sup>2</sup> 面积电池效率 15.5%。2022 年极光电能在 300cm<sup>2</sup> 大尺寸组件实现 18.2% 转化效率, 同年协鑫光电尺寸为 1m\*2m 组件下线, 据协鑫光电预计在工艺和产能稳定后, 量产组件效率将超 18%。目前产业化效率距离钙钛矿单结电池理论极限效率(超 30%) 还有较大提升空间, 产业端、研发端针对钙钛矿电池的研发投入逐年增加, 随着钙钛矿可设计性晶体配方以及工艺逐步优化, 产业化效率预计呈现上升趋势。根据 CPIA 预测, 玻璃基中试组件最高转换效率(>900cm<sup>2</sup>) 2022 年达到 18.5%、2025 年 20%、2030 年 22%。

图105. 钙钛矿材料 ABX<sub>3</sub> 正八面体晶体结构



资料来源: 中国银河证券研究院整理

图106. 钙钛矿电池工作原理

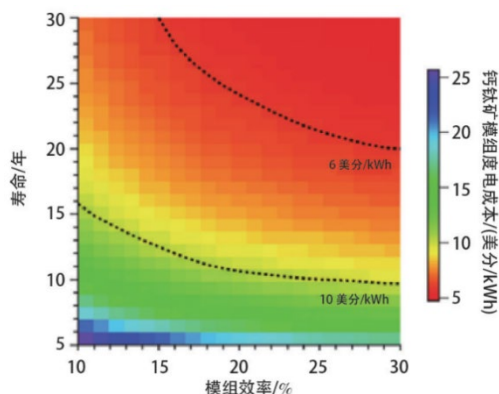


资料来源: 中国银河证券研究院整理

### (3) 规模化降本优势明显, GW 级产能组件成本可降至 0.6 元/W

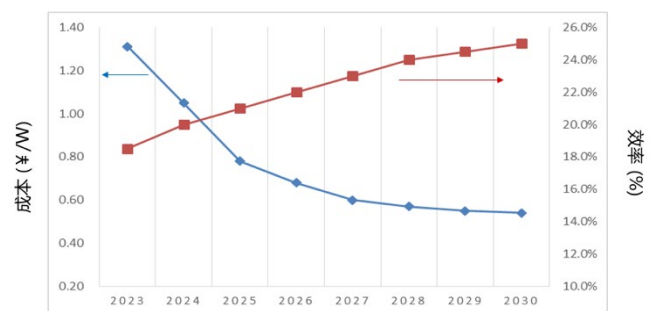
从 100MW 级扩大至 GW 级产能, 组件成本下降约 50%, 由 0.15 美元/W 降至 0.1 美元/W。目前有三家公司公布过其钙钛矿电池的生产成本。纤纳光电 100MW 生产线组件成本约 0.15 美元/W, 扩大至 GW 级产线后组件成本约 0.1 美元/W; 协鑫光电 GW 级产线组件成本可低于 0.1 美元/W;

图107. 钙钛矿度电成本(LCOE)与效率、寿命关系图 (基于电池成本为 31.7 美元/m<sup>2</sup>)



资料来源: 中国银河证券研究院整理

图108. 效率成本走势预测



资料来源: 极光电能官网, 中国银河证券研究院整理

## 3、产业化落地加速, 钙钛矿设备显著受益

### (1) 工艺路线: 与材料、配方及电池结构等要素相关(以平面反式为例)

平面结构电池中每层工艺路线与对应材料、配方、电池结构等要素相关，可能涉及的工艺如下：（一）导电基底一般使用 CVD 或 PVD 法制备 ITO 或 FTO 导电玻璃。若第二层空穴传输需要温度较高的工艺，则选择 FTO 导电玻璃，因为 ITO 超过 300 摄氏度之后，容易出现弯曲形变。（二）空穴传输层 PVD 法或刮涂法制备，不同材料对应不同制备方法。如果选择氧化镍，它基本上就是喷涂、喷雾热解制备或者是用 PVD 法制备。如果选择 PTAA 等有机物，就需要刮涂制备或者是喷雾热解制备。（三）钙钛矿吸光层比较流行做的是湿法制备、刮棒制备、狭缝涂布制备以及喷雾热解制备，不同工艺方法各有优缺点，目前使用湿法，尤其是涂布工艺较多。（四）电子传输层若选择有机材料会使用蒸镀工艺，若为金属氧化物则会涉及气相沉积等工艺。有机材料，比如富勒烯等，选择的方式可能是蒸镀，尤其是团簇式蒸镀设备。如果选择二氧化锡或者硫化锡或者是二氧化钛这一部分，则使用 PVD 设备，或是 RPD、磁控电射等设备。（五）电极层选择金属电极通常对应蒸镀工艺，若选择透明导电电极通常对应磁控溅射工艺。

## （2）设备端：主要为镀膜设备、涂布设备、激光设备、封装设备

产线设备类型主要为镀膜设备、涂布设备、激光设备、封装设备，其中镀膜设备价值量过半，激光设备确定性需求强，封装设备与晶硅电池相比差别不大。（一）镀膜设备主要涉及 PVD 及 RPD 设备，其中 RPD 设备比传统的 PVD 设备优势在于可以减少对钙钛矿电池的轰击损害，有利于提高转换效率和良率。相应的设备企业有捷佳伟创、迈为股份、京山轻机、众能光电等，其中捷佳伟创于 2022 年 7 月获钙钛矿电池量产 RPD 镀膜设备订单，该 RPD 设备具备较高技术壁垒；蒸镀设备主要涉及京山轻机等，2021 年 5 月京山轻机子公司晟成光伏与协鑫光电开展叠层技术战略合作，晟成光伏钙钛矿团簇型多腔式蒸镀设备已实现量产并应用于多个客户端。（二）涂布设备主要用于制作钙钛矿吸光层，主要企业德沪涂膜（未上市）、众能光电等，德沪涂膜为协鑫光电 100MW 产线供应大尺寸狭缝涂布设备，狭缝涂布可在玻璃、塑料等基片上沉积液体化合物，精确控制液体流量和移动相对速度，制备所需技术指标的薄膜。众能光电目前已对外销售刮涂/涂布一体机。（三）目前各种技术路线均需要激光设备，激光设备主要应用工序为激光划线，把大的面板进行切割，形成子电池，再将电池用串联或者并联的方式连接。目前供应钙钛矿激光设备的企业包括大族激光、迈为股份、德龙激光、杰普特、帝尔激光、众能光电等。

表27.我国钙钛矿电池设备进展表

设备类别	企业名称	产业化进展
镀膜设备	捷佳伟创	<ul style="list-style-type: none"> <li>■2022 年 7 月，捷佳伟创钙钛矿太阳能电池生产的关键量产设备“立式反应式等离子体镀膜设备”（RPD）通过厂内验收，将发运给客户投入生产。</li> <li>■22 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，以及某国家科学院的反应式等离子体镀膜设备后，捷佳伟创自主研发的钙钛矿共蒸法真空镀膜设备再次取得订单，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。经过不懈的努力，捷佳伟创积极稳健推进钙钛矿及叠层电池整线装备的研发及升级，公司持续深入开发并获得了狭缝涂布、PVD/RPD、蒸发镀膜等设备订单，有力协助了大量知名领先企业实现钙钛矿产品的研发与量产，深入服务了国家科研院和央企研究院及知名高院关于钙钛矿课题的研究与探索。</li> <li>■23 年 2 月，公司在大尺寸钙钛矿、全钙钛矿叠层、HJT/TOPCon 叠层钙钛矿领域的设备销售持续放量，设备种类涵盖 RPD、PVD、PAR、CVD、蒸发镀膜及精密狭缝涂布、晶硅叠层印刷等。</li> </ul>

晟成光伏（京山轻机子公司）	<p>■2021年6月，晟成光伏钙钛矿电池团簇型多腔式蒸镀设备现已量产并成功应用于多个客户端。晟成光伏团簇型多腔式蒸镀设备具备完全自主知识产权，可应用于钙钛矿电池制备各过程中的钙钛矿材料及金属电极材料。</p> <p>■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。主要提供高效硅基电池清洗制绒设备、真空镀膜设备；钙钛矿电池组件、钙钛矿叠层电池制造整体解决方案；半导体领域PVD、ALD镀膜设备等。23年1月，晟成光伏北方生产基地竣工投产，新项目投产后，晟成光伏层压机制造产能将得到极大提升，晟成光伏在光伏组件自动化生产领域整线设备实力也将进一步加强。</p>
科晶智达	<p>■公司可提供钙钛矿太阳能电池制备的全套方案，导电层镀膜环节拥有超声喷雾热分解镀膜设备，钙钛矿镀膜环节拥有旋转图层仪、热蒸镀仪、干燥箱等设备。</p>
弗斯迈	<p>■拥有精确裁切覆膜设备，采用二次精裁，精度更高，移栽式覆膜，铺设更精准，剪裁后冲孔，冲孔位置准确。</p> <p>■弗斯迈为行业带来了完整的整线解决方案。根据各家客户不同技术路线要求，提供从厂房规划，调控产品配方、组建合理工艺、配置专业设备，安装调试，生产培训和售后服务的钙钛矿光伏交钥匙工程和定制化解决方案。</p>
众能光电	<p>■已建成100—500kW（准MW）级大面积钙钛矿太阳能器件中试平台。在建钙钛矿太阳能光伏组件生产线产能达到200MW/年。钙钛矿激光划线刻蚀设备出货50台套，钙钛矿PVD设备出货量30台套。</p> <p>■众能光电掌握钙钛矿光伏MW级和GW级量产装备技术，亦曾是国际首条kW级钙钛矿光伏电池组件生产线供应者。从其产线设备下线的钙钛矿器件曾多次刷新大尺寸钙钛矿光伏电池器件认证记录。公司目前已与国内大型央企、民营企业和知名高校科研机构累计完成近200个单体工艺设备交付，产品包括涂布机、刮涂机、激光刻蚀机、PVD和ALD等。</p>
宏大真空	<p>■企业技术中心创新能力及真空镀膜成套装备产业化项目于2021年底2022年初建成；2022年研制出世界首台跑道式双腔同时成膜四室机。</p> <p>■2022年6月，真空镀膜装备通过验收。完成单机、双室、HIT、ARC回转、DLC等五大产品中试线建设，新添置研发和仪器设备584.08万元。同时，研究中心中心还完成了DLC类金刚石工艺及装备研发与产业化、太阳能电池导电膜镀膜技术及应用研究，通过科技成果鉴定1项，开发新产品10项，申请专利45项，技术和成果转化实现新增收入13948.78万元，企业研发实力得到全面提升。</p>
合肥欣奕华	<p>■22年11月，企业研发的用于钙钛矿太阳能电池生产的量产设备Inline钙钛矿真空镀膜机已交付国内钙钛矿产业公司投入生产。此次合肥欣奕华交付的Inline钙钛矿真空镀膜机是大尺寸钙钛矿真空镀膜机，属于钙钛矿电池制备核心设备，采用InlineSystem设计，可实现自动上下料，并且兼容多种材质基板。该设备满足大面积钙钛矿膜层制备，有效提高材料利用率，确保大面积均匀性。</p>
湖南红太阳光电科技	<p>■在钙钛矿领域，红太阳光电已经掌握了低损伤磁控溅射技术与大面积原子层沉积技术，具备100MW级别量产解决方案的能力。</p>
微导纳米	<p>■公司在光伏电池片镀膜设备方面从设备边界拓宽及不同技术路线客户拓展几方面进行。公司立足ALD设备，拓展PECVD设备；PERC电池设备销售收入增长的同时，应用于光伏TOPCon电池的专用设备也取得客户验收，在IBC、HJT、钙钛矿等技术路线上也都有布局。</p>

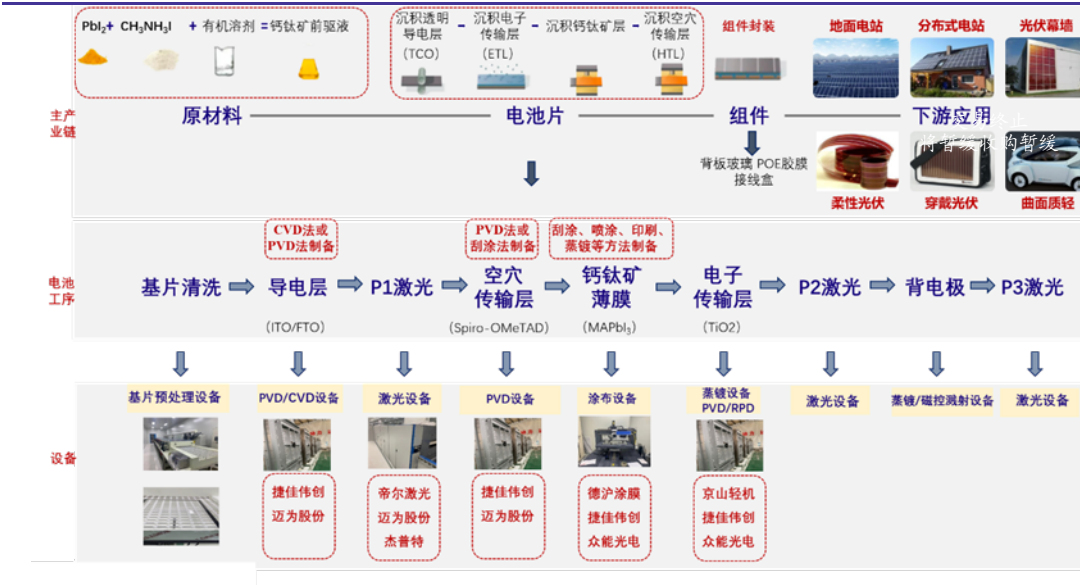
	四盛科技	<p>■成都四盛科技有限公司主要聚焦钙钛矿镀膜设备，系统设备采购等项目的投标，经常遇到 2 个竞争对手的投标，最近成功中标、华能钙钛矿中试研发项目真空沉积(PVD)系统设备采购中标候选人等项目。</p>
	奥来德	<p>■公司过去在 AMOLED 面板领域，作为全球唯三，国内唯一的 canontokki 认证蒸发源供应商，一直专注于蒸发源及小型蒸镀机的技术研发，在相关领域积累了多项先进的核心技术，居于国内非常领先的地位。22 年 11 月，公司称拟使用超募资金 4,900 万元投资建设新项目：</p> <p>1) 钙钛矿结构型太阳能电池蒸镀设备的开发；2) 低成本有机钙钛矿载流子传输材料和长寿命器件开发。</p> <p>22 年 11 月，公司拟使用超募资金 4,900 万元投资建设新项目：1) 钙钛矿结构型太阳能电池蒸镀设备的开发；2) 低成本有机钙钛矿载流子传输材料和长寿命器件开发。</p>
	众能光电	<p>■已建成 100—500kW (准 MW) 级大面积钙钛矿太阳能器件中试平台。在建钙钛矿太阳能光伏组件生产线产能达到 200MW/年。钙钛矿激光划线刻蚀设备出货 50 台套，钙钛矿 PVD 设备出货量 30 台套。</p> <p>■众能光电掌握钙钛矿光伏 MW 级和 GW 级量产装备技术，亦曾是国际首条 kW 级钙钛矿光伏电池组件生产线供应者。从其产线设备下线的钙钛矿器件曾多次刷新大尺寸钙钛矿光伏电池器件认证记录。公司目前已与国内大型央企、民营企业和知名高校科研机构累计完成近 200 个单体工艺设备交付，产品包括涂布机、刮涂机、激光刻蚀机、PVD 和 ALD 等。</p>
涂布设备	上海德沪涂膜	<p>■为苏州协鑫全球第一条 100MW 钙钛矿产线供应大尺寸核心狭缝涂布设备。公司钙钛矿太阳能电池核心涂膜设备在全球市占率第一。在钙钛矿太阳能电池领域，公司的核心涂膜设备全球市占率最大。</p> <p>■22 年 12 月，公司又一条 100MW 钙钛矿用精密狭缝涂膜设备 1200mm×600mm 尺寸验收成功，迄今为止我国已建和在建的 500MW 试量产线（钙钛矿功能层使用狭缝涂膜制备）核心涂膜设备供货中，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%。德沪涂膜设备（苏州）有限公司落户常熟经开区，正在装修 4000 多平米的“钙钛矿产业化创新中心”和设备制造基地，可望 2023 年春节后投入运营。“德沪涂膜钙钛矿产业化创新中心（苏州）”将聚焦钙钛矿产业化 0-1，建有“德沪涂膜解决方案”三大设备开发平台：1) 20MW 全套设备集成及 0.3m×0.3m 钙钛矿电池流片平台；2) 100MW 涂膜-干燥-烧结一体化设备开发平台；3) 晶硅-钙钛矿叠层涂膜量产设备 (&gt;1000 片/每小时) 开发平台。2023 年 1 月，公司单结钙钛矿设备宽度可以做到 2.4 米，这是 GW 级产线的基础。</p>
	大正微纳	<p>■公司拥有精密狭缝涂布设备，2019 年以来连续刷新柔性钙钛矿太阳能电池效率的世界记录，光电转换效率破 21%。大正微纳通过材料和流体力学的研究积累实现了连续四层纳米级别薄膜的液相涂布制备，稳定实现了钙钛矿薄膜电池的制备。这也成功打破了薄膜电池严重依赖欧美高真空物理/化学沉积设备的技术壁垒。经过目前高精密狭缝涂布机的研发和销售，实现核心设备自主生产。</p> <p>■大正微纳科技已成为大规模生产柔性钙钛矿太阳能电池组件的全球首家公司，在中国江苏省建设 10MW 年产能生产线，江苏省拥有部分最大的光伏供应商。40 厘米×60 厘米的组件将被切割成小块，运给中国的智能手机和平板电脑制造商。大正目前计划再投资 2 亿元人民币，将年产能扩大到 100MW。</p>
	科恒股份	<p>■23 年 2 月发布公告表示，公司接到的用于钙钛矿型的平板涂布设备尚处于前期技术验证阶段，后续仍需进一步技术验证，在效果验证方面，存在有效性或不达预期的风险，后续能否获得客户认可具有不确定性，未来产生的经济效益和对公司业绩的影响存在不确定性。</p>
激光设备	迈为股份	<p>■钙钛矿激光设备已经交付。未来公司对单结钙钛矿会加大装备布局，并更看好钙钛矿异质结叠层电池。</p> <p>■22 年 9 月，迈为股份联合澳大利亚金属化技术公司 SunDrive 采用迈为自主创新的可量产微晶设备技术和工艺研制的全尺寸 (M6, 274.5cm<sup>2</sup>) N 型晶硅异质结电池，其转换效率高达 26.41%。</p>
	杰普特	<p>■2021 年 8 月为大正微纳定制的全球首套柔性钙钛矿膜切设备，通过验收并正式投入生产使用。</p>



	<p>■MOPA 脉冲激光器全球市占率第一，切入锂电和光伏激光设备领域。杰普特是全球市占率最高的 MOPA 脉冲激光器生产商，2021 年 MOPA 脉冲激光器出货量约为 2.5 万台，市占率接近 70%。公司利用在 MOPA 激光器领域的优势顺利切入锂电池激光加工设备和钙钛矿设备业务领域。</p>
帝尔激光	<p>■2021 年上半年开始进行钙钛矿电池的相关研发；2022 年 3 月披露公司即将交付应用于钙钛矿电池的激光设备。</p> <p>■2022 年，公司应用于 BC 电池线路的激光设备，全年近 40GW 订单；PERC 电池近 100GW 订单；TOPCon 的 SE 一次激光掺杂设备在四季度有 20 多 GW 订单；同时还有来自激光转印，钙钛矿、设备升级改造以及备件等订单。目前每家客户的硼掺杂方案存在定制的差异，单 GW 价值量存在差别，但整体在 700—800 万左右，硼掺杂毛利水平与现有 PERC 大体相当。公司的激光转印设备在去年三季度末实现了单机订单，激光转印在 HJT 工艺上有 30—40%浆料的节约，0.3%以上效率的提升，预计优先会在 HJT 工艺上实现整线量产订单。</p>
大族激光	<p>■公司在钙钛矿技术领域的主要产品为钙钛矿激光刻划设备，产品在 2015 年已实现量产销售，公司和行业相关客户一直保持合作关系。</p> <p>■23 年 2 月，在投资者互动平台表示，钙钛矿电池属于新型薄膜太阳能电池，公司 2007 年进入薄膜电池行业从事研发、生产和销售，公司激光设备在该领域国内市占率一直位于市场前列，在钙钛矿电池行业几家龙头、前沿研究机构均取得激光设备的交付销售，及大尺寸激光加工设备的整线交付。</p>
德龙激光	<p>■国内为数不多的激光精细加工设备全产业链公司，主营业务为精密激光加工设备及激光器。</p> <p>■在 22 年 9 月已经推出了针对钙钛矿薄膜太阳能电池生产整段设备（包括 P0 层激光打标设备，P1、P2、P3 激光划线设备，P4 激光清边设备及其中一系列自动化设备），目前设备已投入客户量产线使用，率先实现百兆瓦级规模化量产。</p>
利元亨	<p>■2021 年，利元亨业务拓展至光伏领域，平台化布局持续推进。在光伏方面，利元亨拥有光伏组件自动化产线、无损划片机、PERC 开槽设备等，积极开展技术创新，与光伏头部企业建立合作关系。22 年 10 月，利元亨与冯·阿登纳（VONARDENNE）在利元亨总部举行战略合作签约仪式，双方将在光伏（异质结、钙钛矿）、储能等领域展开深度合作。</p>
华工科技	<p>■23 年 2 月表示，公司的激光切割设备已应用于钙钛矿领域。在激光智能装备制造领域，公司面向工程机械、钣金加工、轨道交通、汽车制造、新能源等领域，为制造业客户提供高品质的激光切割机设备、激光焊接设备、等离子切割设备、白车身激光加工装备等多个系列工业激光设备及智能装备解决方案。在激光精密微纳加工领域，公司集中优势资源发力泛半导体、智能汽车、PCB、3C 电子、日用消费品等多领域行业赛道，为客户提供 IC 载板缺陷识别及分拣数字化智能工作站、POCT 罐装封膜自动化整线、医疗介入器械精密焊接系列设备、3C 行业精密微纳加工装备等产品及解决方案。在激光新能源智能装备领域，公司聚焦锂电和光伏两大方向，服务于锂电装备、3C 消费电池等领域客户。</p>

资料来源：协鑫光电项目环评、中国银河证券研究院整理

图109. 钙钛矿相比晶硅产业链及工艺时间明显缩短



资料来源：协鑫光电项目环评、中国银河证券研究院整理

100MW 级钙钛矿电池产能设备量价值约 1 亿元，GW 级预计 3-4 亿元。纤纳光电 100MW 钙钛矿电池产能建设投资合计约 1.2 亿元，其中钙钛矿生产线成本约 0.97 亿元，占比 80%。协鑫光电 100MW 钙钛矿太阳能电池组件成本拆分，其中固定资产折旧约 800 万元，折旧按 20 年计算，除去厂房等建筑成本，设备类成本预计 1-1.2 亿元。按照 1GW 产能对应约 5 亿元，3-4 条生产线计算，对应设备价值量约 3-4 亿元，其中镀膜设备价值量超 50%。

表28. 目前在建产能达 0.86Gw，规划产能 28.3Gw



公司名称	位置	成立时间	技术路线	工艺路线	是否有设备	量产时间(预计)	融资轮次	最高效率	在建产能(MW)	规划产能(MW)	出货组件尺寸	备注
众能光电	杭州	2015	反式/无机	-	是全体系	2022	B, 10亿	19.47%@64cm <sup>2</sup>	200	100	-	公司的64cm <sup>2</sup> 和3000cm <sup>2</sup> 的组件效率分别达到20%和17%，处在国际先进水平，公司在建钙钛矿太阳能光伏组件生产线产能可达200MW/年。其位于衢州的100MW量产线已破土动工，并且于2022年2月，开通全球首个钙钛矿地面光伏电站；7月28日举行首批α组件的发货仪式，发货数量5000片。
纤纳光电	杭州	2015	正式	溶液打印技术	无	2022	C, 20亿	20.2%@20cm <sup>2</sup>	100(已建成)	5000	1.2m*0.6m	投产全球首条100MW大面积钙钛矿光伏组件中试线，目标尺寸达1*2米，组件效率达18%以上，成本低于晶硅70%，寿命超过25年。
协鑫光电	昆山	2016	反式	-	无	2023	B, 10亿	15%@1100cm <sup>2</sup>	100	-	1m*2m	在建行业产能最大的150MW钙钛矿组件中试线，预计于2022年三季度完成设备调试，开始试生产，量产线项目也在全力推进中，并计划于2023年一季度启动建设。
极电光能	无锡	2020	正式	一步溶液涂布技术	无	2022	A, 20亿	20.5%@64cm <sup>2</sup>	150	10000	1.2m*0.6m	公司投资60亿元建设可印刷介观钙钛矿太阳能电池生产基地项目。项目占地110亩，分两期建设，第一期建设一条200MW级可印刷介观钙钛矿太阳能电池大试线，成功后拟扩充至10GW产能。
万度光能	武汉	2016	碳电极	-	无	2022	A, 5亿	13%@900cm <sup>2</sup>	200	10000	-	2022年下半年开始建设中试车间，2023年底投入使用。
曜能科技	北京	2017	叠层	-	无	-	A, 5亿	-	-	-	166mm*166mm	钙钛矿-晶硅叠层太阳能电池领域取得突破，在标准太阳光谱下测试实现了23.5%的光电转换效率，可将太阳能电池的转换效率提高到35%以上，远远超过晶硅太阳能电池的理论效率。
黑晶光电	深圳	2019	叠层	-	无	-	-	25.4%@PERC	-	-	-	钙钛矿光伏电池进展顺利，正在搭建中试线中
宁德时代	宁德	2011	-	-	无	-	定向增发，450亿	-	-	-	-	2022年7月1GW钙钛矿光伏组件产线开工。
鑫磊鑫	金昌	2021	-	-	无	2023	B, 4.5亿	18%	-	1000	-	2022年7月10MW柔性钙钛矿光伏组件产线正式启动量产。
大正微纳	镇江	2018	-	-	无	-	-	-	-	-	40cm*60cm	预计在三季度完成试验线建设，年内实现大尺寸组件批量下线，目标效率大于20%。下一步将启动10MW级中试线建设，为实现2024年建成100MW级量产线奠定坚实基础。
无限光能	深圳	2022	-	-	无	2024	天使轮	-	10	100	-	已量产尺寸钙钛矿/异质结叠层电池研发平台，成果实现M6尺寸大面积钙钛矿层的均匀制备。
华晟新能源	安徽	2020	叠层	-	无	2025	A	-	-	100	-	计划2024年将其目前100MW/年的产能工厂扩大到2GW/年。
牛津光伏	英国	2015	叠层	-	无	2022	D, 70亿	29.52%@1.12cm <sup>2</sup>	100	2000	166mm*166mm	-
SauLe	波兰	2016	单节	喷墨印刷	无	2021	C, 30亿	-	-	-	-	-
亨特能源	美国	2017	单节	-	无	-	-	-	-	-	-	-
合计									860	28300		

资料来源：公司公告，中国银河证券研究院整理

### (3) 产线：多企业开辟 GW 产线

4月12日，极电光能官方公号表示钙钛矿产业基地项目开工，该项目计划建设内容包含全球首条1GW钙钛矿光伏生产线，计划在2024年年底基本搭建完成。协鑫光电表示2023年组件效率目标18%（协鑫光电4月17日宣布2m\*1m大面积钙钛矿组件效率达16.02%），2024年将开工建设GW级产线。纤纳光电百兆瓦产线达产率高于80%，目前公司正在规划GW级生产线建设，有望2023年投产。仁烁光能表示2023年Q3完成150MW产线的建设，Q4末1.2m\*0.6m尺寸投产。2024年启动叠层150MW产线升级项目，并开始规划GW级产线项目。产品出货方面，极电光能已交付无锡太湖光伏围栏试点项目、上海车棚两个项目。2022年5月，纤纳光电正式对外发售5000片阿尔法组件，此后不断有阿尔法示范工程、示范项目，包括工业屋顶钙钛矿分布式光伏、地面分布式光伏、钙钛矿交通互补光伏等。

### (4) 技术路线：湿法、干法+湿法、干法三种技术路线

一步溶液法路线代表协鑫光电表示目前积极引入其他工艺等帮助效率提升，比如引入蒸镀设备做缓冲层。干法+湿法两步法路线代表极电光能表示2023年0.6m\*1.2m大尺寸组件效率目标18%，24年达20%，25年达21%；两步法第一步使用真空蒸镀形成干法制膜，第二步使用溶液法再干法制膜基础上形成液态薄膜，此种技术路线需要关注材料体系、配比等。两步法将来可以更好的兼容与晶硅叠层的技术路线。干法工艺技术代表无限光能表示从成膜质量角度干法的厚度和均匀性较好，干法成膜速度相比湿法要慢一些，但不影响最重要的产量节拍。

### (5) 企业：玩家持续扩容

2022年9月，我们发布钙钛矿深度报告（钙钛矿-颠覆者 or 赋能者）对钙钛矿设备企业进展、各企业产能布局、布局钙钛矿电池的上市企业进行了梳理。2022年至今，多家企业进军钙钛矿领域或融资用于研发及新建产线，包括曜能科技、光晶能源、仁烁光能、众能光电等，我们梳理具备产线规划的企业已超18家（不完全统计）。2022年以来，设备企业中新增奥莱德、合肥欣奕华、微导纳米、科恒股份、利元亨、华工科技等布局钙钛矿领域。

## 六、出行链修复，轨交装备有望底部复苏

### (一) 政策端支持，周期性复苏

中国作为轨道交通大国，无论是高速铁路、重载铁路、城际铁路，还是城市轨道交通，总体规模和建设速度都处于世界第一的位置。2022年，我国轨道交通运营里程达15.5万公里，其中高速铁路4.2万公里，城市轨道交通9583.8公里。根据中华全国铁路总工会所公报的2022年铁路数据，我国的轨道交通运营里程同比增长2.85%，高速铁路运营里程同比增长5%，城市轨道交通同比增长9.7%。轨道交通为我国经济发展、节能减排及新型城镇化建设奠定了坚实基础。

2022年初，习近平总书记近期在《求是》杂志上发表重要文章，强调要“加快新型基础设施建设”，“新基建”重新受到社会关注。2022年4月20日国家发改委新闻发布会上，官方首次明确了“新基建”的范围，这包括信息基础设施、融合基础设施、创新基础设施三个方面，

其中融合基础设施中的智慧交通物流设施包含轨交行业。2022年全国两会上，新基建对于“双碳”目标实现的重要意义引起了广泛的关注与讨论。多位全国政协委员及相关领域专家表示，作为碳排放的重点领域之一，交通运输绿色低碳转型开始全面推进。其中，轨道交通因其“低能耗、无排放、高灵活”的特点，成为多地政府走低碳发展之路的主要方向。

此外，《加快建设交通强国五年行动计划（2023—2027年）》是新时代做好交通运输工作的总抓手。党的十九大报告提出建设交通强国，党中央、国务院先后印发《交通强国建设纲要》《国家综合立体交通网规划纲要》，为加快建设交通强国明确了顶层设计。截至2022年年底，我国综合交通网突破600万公里，总规模居世界前列；客货运输量和周转量、港口货物吞吐量、快递业务量连续多年位居世界前列。但交通运输发展也面临着综合交通网络布局不够均衡、高质量发展任务依然繁重、运输结构调整任重道远、保障国际国内物流供应链稳定畅通面临挑战、关键核心技术“卡脖子”情况依然存在等困难和问题。

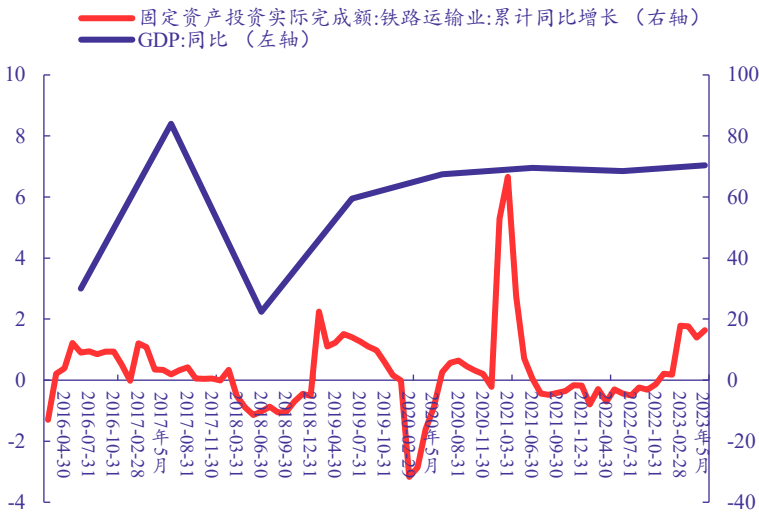
**表29. 轨交行业相关政策**

发布时间	政策名称	发布部门	主要内容
2020年	中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要	中国城市轨道交通协会	一手抓智能化，强力推进云计算、大数据等新兴信息技术和城轨交通业务深度融合，推动城轨交通数字技术应用，推进城轨信息化，建设智慧城轨；一手抓自主化，增强自主技术创新能力、自主品牌创优能力，不断开发新技术、新产品和新品牌。
2021年	国家综合立体交通网规划纲要	国务院	预计到2035年，基本建成现代化高质量综合立体交通网，交通基础设施质量、智能化与绿色化水平居世界而前列；到2050年，全面建成现代化高质量国家综合立体交通网，出行实现“人享其行，物优其流”。
2021年	2030年前碳达峰行动方案	国务院	为争取在2030年前达到陆路交通排放峰值、加快绿色交通基础建设并贯彻绿色低碳理念，将继续提升铁路系统电气化水平、大力发展以铁路、水路为骨干的多式联运。
2021年	“十四五”铁路科技创新规划	国家铁路局	重点推动铁路科技创新，其中包括：完善体制机制、加强平台建设、厚植人才基础、优化发展环境、以及拓展交流合作，深化政府间铁路科技交流，融入全球铁路科技创新网络。
2022年	中国城市轨道交通绿色城轨发展行动方案	中国城市轨道交通协会	以“绿色转型为主线，清洁能源为方向，节能降碳为重点，智慧赋能，创新驱动，开展六大绿色城轨行动，实现碳达峰碳中和，建设绿色城轨”为总体思路，在建设绿色城轨过程中实现碳达峰碳中和，在实现碳达峰碳中和过程中建设绿色城轨，统筹铺画设计“1-6-6-1-N”的绿色城轨发展的“一张蓝图”。
2022年	扩大内需战略规划纲要（2022-2035）	国务院	加快国家铁路网建设，贯通“八纵八横”高速铁路主通道，有序推进区域连接线建设，加快普速铁路建设和既有铁路改造升级。支持重点城市群率先检车网过城际铁路网，推进重点都市圈市域（郊）铁路和城市轨道交通发展，并与干线铁路融合发展。
2022年	2022年新型城镇化和城乡融合发展重点任务	国家发展改革委	培育发展现代化都市圈，支持有条件的都市圈科学规划多层次轨道交通，统筹利用既有线路与新线发展城际铁路和市域（郊）铁路。
2023年	《加快建设交通强国五年行动计划（2023—2027年）》	交通运输部、国家铁路局等	《五年行动计划》在十大行动之四“交通运输科技创新驱动行动”中提出，要完善科技创新基础制度，加强交通战略科技力量、科技基础能力建设，加快推进智慧交通建设，健全交通科技创新体系；推动产业链上下游协同开展攻关与示范应用，提升相关技术和产品自主化研发能力和水平。

资料来源：各部门官网，中国银河证券研究院

轨交行业具有较强的周期属性，通常由国家或政府的政策规划为主导，是调控宏观经济的重要抓手之一。轨道交通建设属于国家基础设施，关系到国计民生，发展至今，通常由国家规划主导，行业发展与政策关联度高，起到了稳定经济的作用。为缓解 2008 年与 2012 年的增长压力，国家曾推出“四万亿”、铁道债等相关财政政策，保障促进民生需求的同时也托底经济增长。

图110. 铁路运输业固定资产投资累计同比和中国 GDP 同比增长 (%)

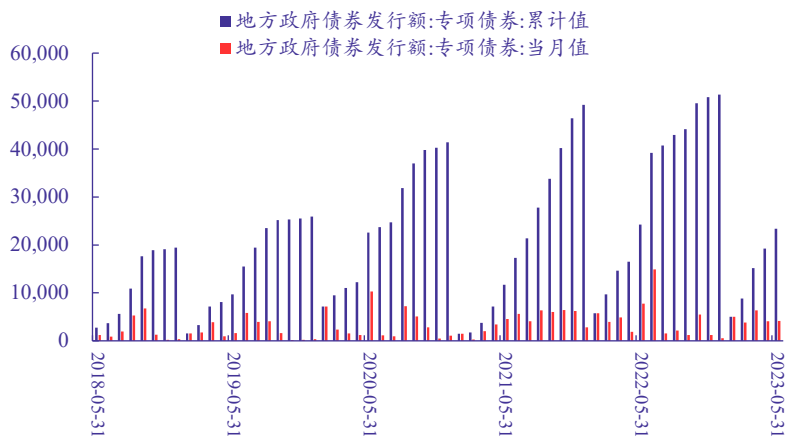


资料来源：iFind，中国银河证券研究院整理

**2023 上半年全国轨道交通投资完成额长幅整体有所提升、长期来看轨交投资额仍值得预期。**在中长期随着中国经济转向高质量发展与国家《中长期铁路网规划》2025 至 2030 年间的逐步完成，需求侧与政策因素将并行决定发展趋势，强调民生需求和质量，其中城市化率的增长与居民出行需求变化将渐显重要性，尤其是选择轨交的比例提升。2023 年 1-5 月，投资额较疫情前的 2019 年同期同比增长 8.05%，较 2022 年同期同比增长 314.83%且稳定维持在高位。我们预计，轨交行业投资将在继续处于高位运行。

以专项债作项目资本金的发行规模和范围将继续扩大。在发行规模上，自 2017 年全国首例轨道交通地方政府专项债券在深圳证券交易所顺利招标发行，而后专项债的发行额不断提升，2022 年地方政府专项债发行额达 51316 亿元，其中用于轨道交通行业的专项债资本规模居前。在积极的财政政策下，2023 年上半年轨交行业专项债资本规模稳定增长，预计 2023 年下半年将继续扩大。在发行范围上，从 2023 年发行的专项债看，以专项债作为项目资本金的范围逐步拓展。在继续加码新基建的规划指导下，预计专项债支持的轨交行业项目将增多。

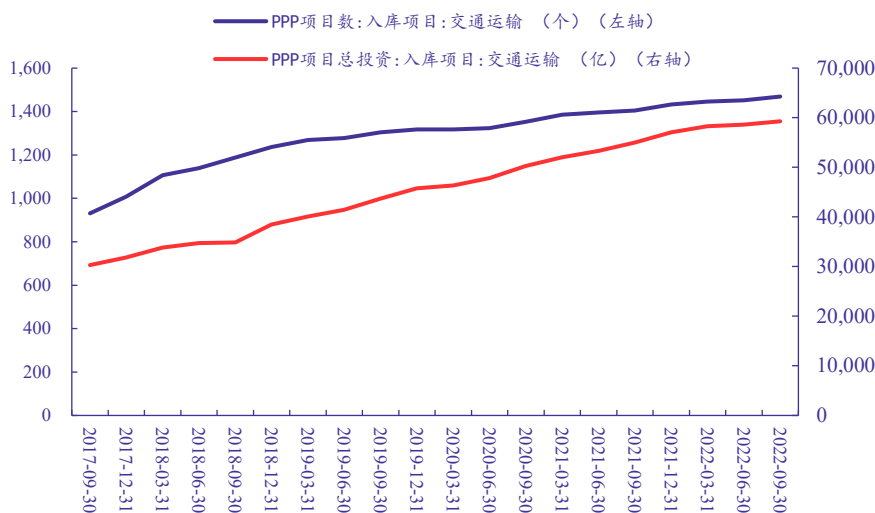
图111. 地方政府专项债发行额（单位：亿元）



资料来源：iFind，中国银河证券研究院

PPP项目数量和投资额也将进一步扩大。2018至2021年的全国全年交通运输PPP项目数量均在5000个左右，投资额均保持在15万亿元以上；2021年全国全年交通运输PPP项目数量超过5600个，投资额超过21万亿元。截至2022年三季度末，PPP项目数量同比增长4.56%投资额同比增长7.75%，继续保持平稳增加趋势。在稳健的货币政策下，融资利息稳中有降和流动性保持良好的预期将推动轨交投资项目增加和投资资金增加。

图112. PPP项目情况



资料来源：iFind，中国银河证券研究院整理

## （二）招标采购订单或将陆续释放

轨交行业或将持续受益于国铁的招标采购订单。6月5日，国铁发布动车组及机车组采购项目招标大单。动车组：拟采购时速350公里复兴号智能配置动车组（8量编组），85组；



时速 350 公里复兴号智能配置动车组（16 辆编组），9 列（18 组）；时速 350 公里复兴号动车组配套电务车载设备集成 188 套。货车组：拟采购 C70E（H）型通用敞车 2 万辆和 X70 型铁路货车 1 万辆。机车组：拟采购货运电力机车 443 台；内燃机车 40 台；配套机车信号设备 LKJ/JT-C/CIR646 套。此次动车组、货车组及机车组招标量较大，是 2020 年以来最大规模的一次铁路车辆采购，招标金额估算约 500 亿左右，我们认为此次招标采购将对轨交行业龙头公司业绩带来增量。

## 1、新投产线车辆配置密度低

近年采购量低，车辆缺口较大，国铁招标量或将维持高位。近三年客流量低迷，国铁动车组招标偏低，2019-2022 年投产高铁新线分别为 5474km、2000km、2168km、2082km，按照以往年份 0.8 辆/公里的配车密度，需新增动车组分别为 548 组、200 组、217 组、209 组，合计 1174 组。

近三年，新车采购量偏低，铁路固定资产投资持续下滑，铁路装备投资较为低迷。2019-2022 年我国高铁实际招标采购量为 462.5 组，2021 年和 2022 年仅分别采购 29.5 和 92 组，动车组数量存在较大缺口。机车组 2020-2022 年招标分别为 269 台、248 台、477 台，低于平均水平，按照 25-30 年更新周期，平均更新需求为 733-880 台，同样存在较大数量缺口。为应对轨交运输需求端的复苏增长，我们认为今年轨交行业招标量可能维持高位。

表30.2022 高铁车辆招标采购情况（不完全统计）

批次	时间	采购内容
1	2022.12.28	铁道研究院 350 检测复兴，2022TDJC-7-350ZJC—共 2 列
2	2022.12.27	350 复兴智能配置高寒，2022TDZC-8-350ZNBGD—6 组
3	2022.12.27	350 复兴号智能配置动车，2022TDZC-7-350ZNBBD—共 22 组
4	2022.10.26	350 复兴号动车组 8 编，2022TDZC-6-350BD—共 29 组
5	2022.09.24	350 复兴号智能动车组 8 编，2022TDZC-5-350ZNBBD—5 组
6	2022.08.15	350 复兴号智能动车组 8 编，2022TDZC-4-350ZNBBD—4 组
7	2022.08.12	350 复兴号智能动车组 8 编，2022TFZC-3-350ZNBBD—2 组
8	2022.06.10	350 复兴号智能动车组采购，2022TDZC-2-350ZNBBD—共 10 组
9	2022.06.07	350 复兴号智能动车组 8 编，2022TDZC-1-350ZNBBD—8 组

资料来源：铁总招标采购网，中国银河证券研究院整理

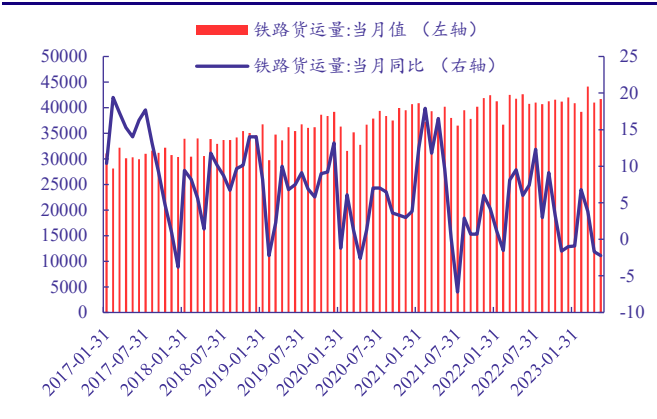
## 2、存量更新也将推升招标采购需求

在我国庞大的轨交运营网络的基础上，由于客运需求逐步提高，铁路运力相应提升，运输频次和密度相应提高，因此也将直接导致铁路车辆及相关后续维保市场的提前到来。

2017 年至 2022 年的全国每月铁路货运量均在 28 千万吨以上，2022 年的全国每月铁路货运量基本均在 40 千万吨左右，持续保持良好的增长趋势。2017 年至 2020 年的全国每月铁路客运量均在 25 千万人到 30 千万人左右，基本全部月份保持正增长。2020-2022 年，国内经济阶段性承压，全国每月铁路客运量同比变化幅度较大。2023 年初，经济形势快速回温，2023 年上半年全国每月铁路客运量大幅回升。基于此，我们预计 2023 年下半年全国铁路客运量将有望继续保持高负荷运行。

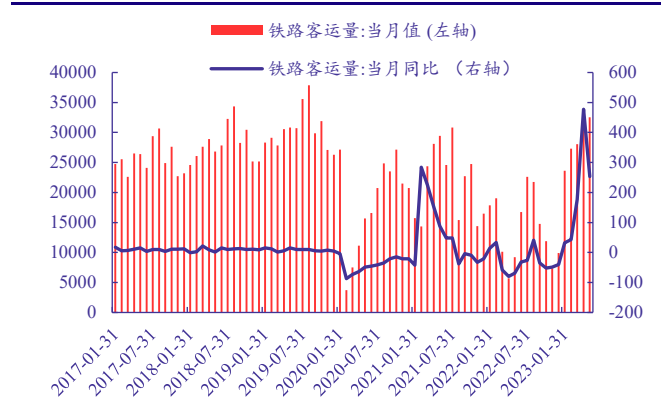


图113. 铁路货运量当月值及同比情况 (单位: 万吨)



资料来源: iFind, 中国银河证券研究院

图114. 铁路客运量当月值及同比情况 (单位: 万人)



资料来源: iFind, 中国银河证券研究院

动车组负荷较高缩短维修周期, 动车组提前进入大修期。由于我国高铁客运量持续快速增长, 客流增速超过高铁车辆增速, 动车组保持高负荷运行, 动车组检修标准的里程标准往往先于时间标准达成。从动车组高级修的招标规模来看, 动车组高级修的维修市场已提前进入了高增长期。

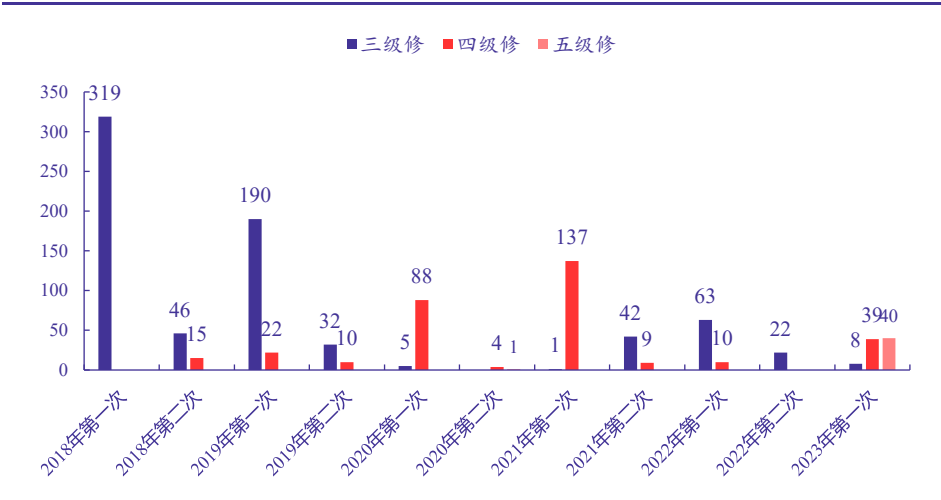
表31. 动车组检修周期

车型	CRH1	CRH3/CRH5/CRH380B/CRH380C	CRH2/CR380A
一级修			
二级修		低级修	
三级修	120±10 万公里/3 年	120±12 万公里/3 年	60 万公里/1.5 年
四级修	240±10 万公里/3 年	240±12 万公里/3 年	120 万公里/3 年
五级修	480±10 万公里/3 年	480±12 万公里/3 年	240±10 万公里/6 年

资料来源: 中国铁投, 中国银河证券研究院

目前, 动车组高级修的检修需求中价值量较低的三级修减少、价值量较高的四级修和五级修增多, 大修呈现检修级别逐渐提高的趋势。2020 年动车组高级修招标项目中第一次出现五级修; 2021 年动车组高级修第一次招标项目中四级修达 137 组, 比 2020 年第一次招标多 49 组, 增幅超 50%。虽然 2022 年动车组高级修第一次招标项目中三级修达 63 组, 但是到 2023 年动车组高级修第一次招标项目中三级修却已经降到 8 组, 而四级修以及五级修更是达到 39 组与 40 组。

图115. 动车组高级修招标规模（组）



资料来源：中国铁路招标网，中国银河证券研究院

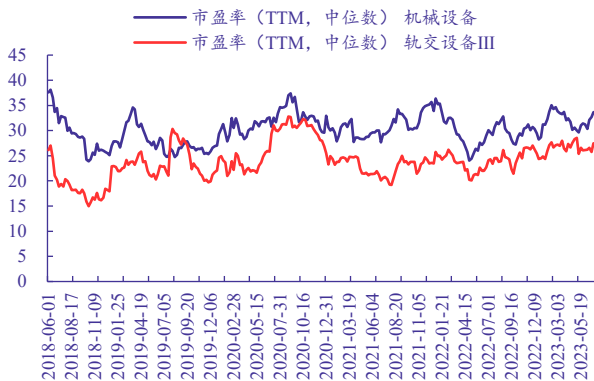
动车组负荷较高缩短报废周期，因替换带来的大量采购的时点可能提前到来。根据设计寿命，原本应于2026年-2031年逐步引来动车组替换需求，但目前动车组运行处于高负荷状态，考虑到动车组对安全性具有重大要求，铁总可能会加速车辆的替换，车辆达到使用寿命可能会少于设计寿命，报废周期高点可能提前到来，成为车辆采购重要的影响因素。叠加新投产线配车密度的不足，我们认为铁总的招标采购订单或将持续释放。

### （三）“中特估”或将推升龙头价值

“中特估”又称中国特色估值体系，于2022年11月证监会主席易会满提出，旨在要深入研究成熟市场估值理论的适用场景，把握好不同类型上市公司的估值逻辑，探索建立具有中国特色的估值体系，促进市场资源配置功能更好发挥。换句话说，中特估是中国特色背景下的估值体系建设，该主题从市场认可、行业地位、盈利能力、税收贡献、股东回报以及社会责任等维度，对央企进行综合评分，从而选取评分居前的企业作为代表性样本的集合。

就目前轨交行业整体的估值情况来看，轨道交通行业的估值在过去五年间处于相对缓慢的增长中。虽然，三年疫情所带来的艰难时期一定程度上减缓了轨道交通的发展，但是这却为疫情过后的轨道交通创造了更多的发展机遇与潜力。此外，目前的轨交行业的市盈率十年分位数水平为41%而五年分位数水平为76%。因此，结合“中特估”的公司价值的再发现，我国轨交产业链以国企、央企为主要参与者或将受益，轨交行业存在向上空间。

图116. 轨交行业市盈率情况



资料来源: iFind, 中国银河证券研究院

图117. 轨交行业市销率情况

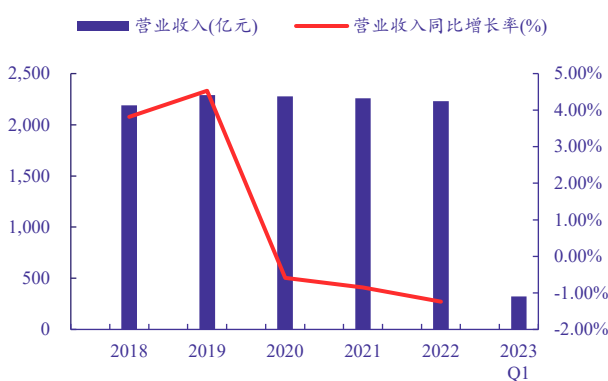


资料来源: iFind, 中国银河证券研究院

**中国中车:** 公司是一家交通运输装备机械制造企业,公司主要从事铁路机车、客车、货车、动车组、城轨地铁车辆及重要零部件的研发、制造、销售、修理、租赁,和轨道交通装备专有技术延伸产业,以及相关技术服务,信息咨询,实业投资与管理,进出口等。主要产品为机车业务、动车组(含城际动车组)和客车业务、货车业务、轨道工程机械业务、城市轨道交通车辆、城轨工程总包、其他工程总包、机电业务、新兴产业业务、金融类业务、物流、贸易类业务等。

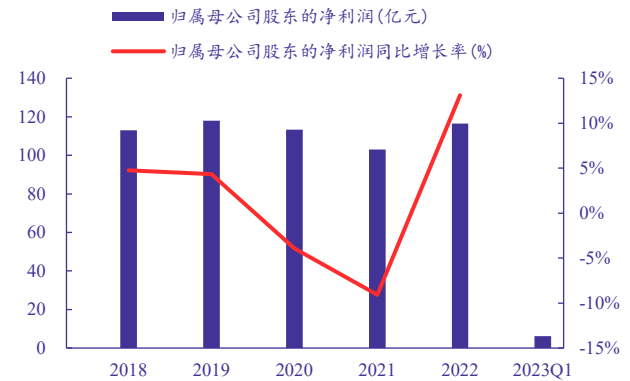
根据公司一季报显示,公司 2023 年一季度营收小幅增长,归母净利润大幅提升。公司 2023 年一季度营业收入为 323.79 亿元,同比增长 5.65%,归母净利润为 6.15 亿元,同比增长 180.01%,公司净利率与毛利率分别达到 3.23%和 21.51%,其中净利率同比增长 80.45%,毛利率同比增长 4.37%。

图118. 中国中车历年营业收入情况



资料来源: iFind, 中国银河证券研究院

图119. 中国中车历年归母净利润情况



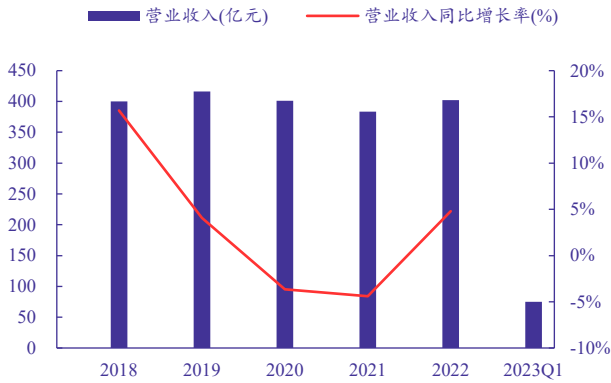
资料来源: iFind, 中国银河证券研究院

**中国通号:** 公司主营业务为轨道交通控制系统技术及其衍生应用的研究与探索。公司产品及服务为设备制造、设计集成、系统交付,其中包括:普通货运;承包国外工程项目;铁路含地铁通信、信号、电力、自动控制设备的生产等。截至 2021 年末,中国通号公司的高速铁路控制系统核心产品及服务所覆盖的总中标里程继续位居世界第一。

根据公司一季报显示,公司 2023 年一季度营收轻微增长,归母净利润稍有提升。公司 2023 年一季度营业收入为 74.91 亿元,同比增长 7.92%,归母净利润为 6.78 亿元,同比增长 4.62%。

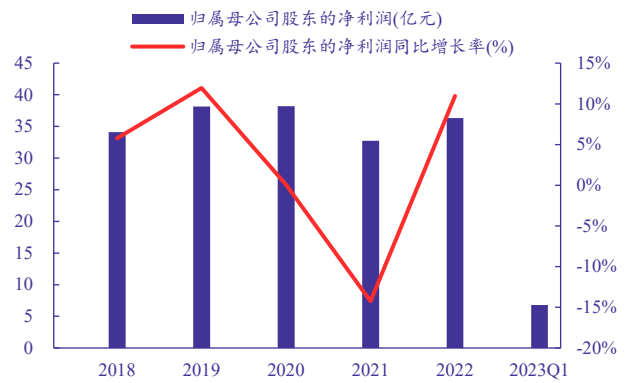
公司净利率与毛利率分别达到 10.37%和 22.68%，其中净利率同比增长-2.63%，毛利率同比增长-5.62%。

图120. 中国通号历年营业收入情况(亿元)



资料来源: iFind, 中国银河证券研究院

图121. 中国通号历年归母净利润情况(亿元)



资料来源: iFind, 中国银河证券研究院

## 七、投资建议

其他建议关注周期向上品种船舶。

投资标的:

人形机器人: 绿的谐波、三花智控(汽车)、拓普集团(汽车)、鸣志电器、江苏雷利等

机床: 五轴机床豪迈科技、科德数控; 通用机床海天精工、纽威数控; 数控系统华中数控

轨交装备: 中国中车

光伏设备: 捷佳伟创

结合行业景气度、业绩确定性及估值, 重点推荐绿的谐波、海天精工、纽威数控、豪迈科技、中国中车、捷佳伟创、怡合达。

表32.重点标的估值表

股票代码	股票简称	市值	收入(亿元)				净利润(亿元)				PE (2023E)
			2022A	2023E	2024E	2025E	2022A	2023E	2024E	2025E	
688017.SH	绿的谐波	226	4	7	10	14	1.56	2.43	3.36	4.56	93
601882.SH	海天精工	159	32	39	48	57	5.21	6.39	7.86	9.65	25
688697.SH	纽威数控	75	18	24	29	35	2.62	3.38	4.22	5.12	22
002595.SZ	豪迈科技	268	66	77	88	101	12.00	14.13	16.28	18.74	19
601766.SH	中国中车	1,780	2,229	2,428	2,620	2,840	143.52	121.75	136.67	157.23	15
300724.SZ	捷佳伟创	370	60	97	145	193	10.47	15.70	23.77	32.12	24
301029.SZ	怡合达	241	25	34	46	61	5.06	7.26	9.80	12.88	33

资料来源: WIND 一致预期, 中国银河证券研究院, 数据截至7月7日

## 八、风险提示

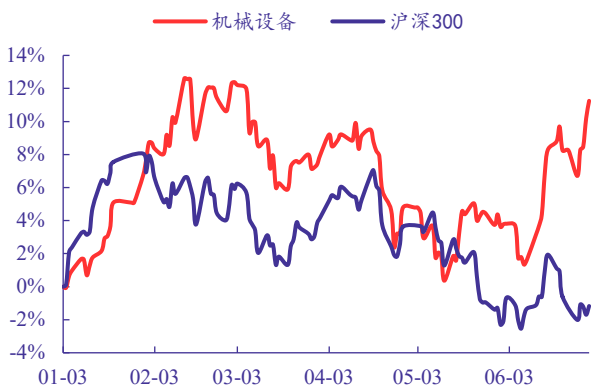
制造业投资低于预期、新技术渗透不及预期，市场竞争加剧、原材料价格大幅上涨、设备出口不及预期等。

## 附录：2023 年上半年机械设备板块行情回顾

### (一) 板块整体表现：二季度走出超额收益

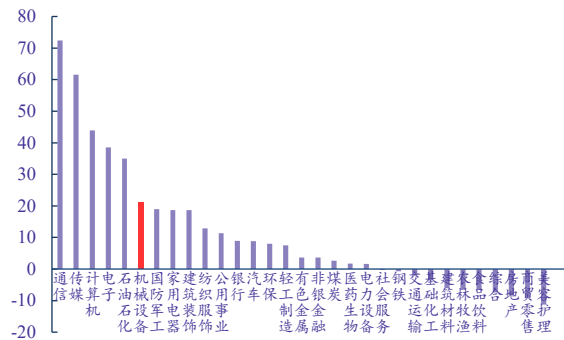
截至 2023 年 6 月 30 日，机械板块走势与大盘基本一致。年初至今机械行业累计涨幅为 21.01%。累计涨幅位居第 6 位。从走势看，年初机械设备走势弱于大盘，2 月份之后持续走高，整体强于大盘。我们认为，一方面生产生活回归常态，使得各地制造业生产、销售、运输过程中受到的影响较之前减小。另一方面，2023 年以来，工业机器人行业发展迅速，需求提高，有效地带动上游核心零部件生产加工，机械制造板块迎来较好复苏。

图 122. 2023 上半年机械设备板块走势



资料来源：iFind，中国银河证券研究院，数据截至 2023.06.30

图 123. 2023 年机械设备板块涨幅位居 6 位

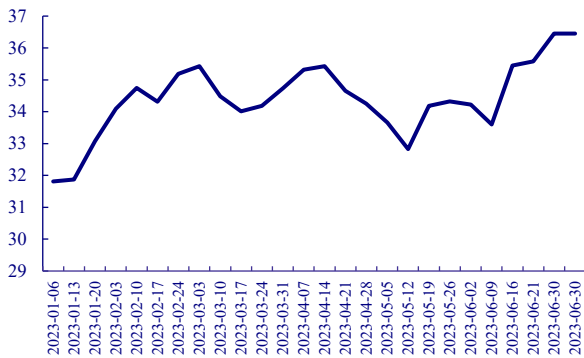


资料来源：iFind，中国银河证券研究院，数据截至 2023.06.30

### (二) 板块估值：市场情绪回温，估值逐步修复

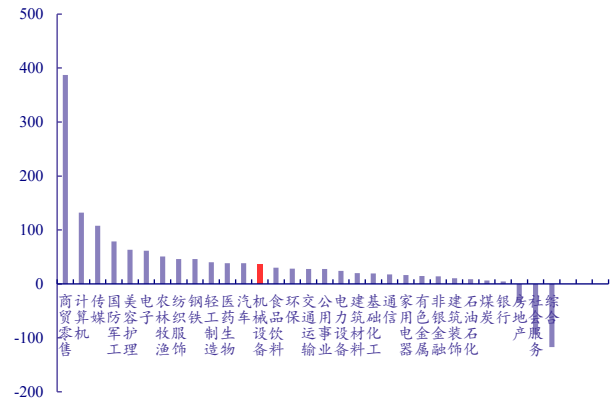
截至 2023 年 6 月 30 日，机械设备板块估值水平为 36.45 倍，比年初 31.8 倍略有提高，这充分反映了半年来制造业恢复发展的强大动能。机器人核心零件生产、电镀铜等产业迅速崛起，提高了机械制造板块的估值水平。目前机械制造产业估值水平位于全行业第 13 位。

图 124. 2023 年上半年机械设备估值变化



资料来源：iFind，中国银河证券研究院，数据截至 2023.06.30

图 125. 2023 年上半年机械设备板块估值位居 13 位



资料来源：iFind，中国银河证券研究院，数据截至 2023.06.30



### （三）子行业表现：航运装备、仪器仪表行业表现亮眼

我们将机械设备行业划分为5个大领域15个小领域，年初至今涨幅居前的细分子领域主要是仪器仪表行业，航运装备，以及机器人行业。除了光伏设备和风电设备，其他子板块年初至今都取得了正收益。

表33.2023年上半年机械细分子行业涨幅

	子行业	年初至今涨幅
传统专用设备	轨道交通设备	33.4%
	工程机械	15.4%
	油气开发设备	0.0%
	<b>航运装备</b>	<b>70.7%</b>
新能源&新兴专用设备	锂电设备	2.4%
	光伏设备	-3.4%
	风电设备	-9.1%
	3C及面板设备	27.6%
	<b>半导体设备</b>	<b>39.5%</b>
传统通用设备	机床工具	25.3%
	注塑机	13.5%
新兴通用设备	激光	22.4%
	<b>机器人</b>	<b>49.9%</b>
其他	<b>仪器仪表</b>	<b>113.0%</b>
	检测服务	2.1%

资料来源：iFind，银河证券研究院整理，数据截至2023.06.30

### （四）个股表现：体现新技术、小市值特征

从个股角度看，机械板块2023年上半年涨幅居前的股票特点：与工业机器人产业链、新能源汽车行业相关，另外精密仪器仪表相关公司也表现较好。（2）以小市值为主，但也有一些大市值公司仍然保持较强劲增长势头。

表34.2022年机械板块个股涨幅前二十

排名	证券代码	证券简称	市值(亿元)	年初至今涨跌幅(%)
1	300114.SZ	中航电测	290.35	379.04
2	688160.SH	步科股份	23.14	187.73
3	300503.SZ	昊志机电	43.24	143.20
4	688569.SH	铁科轨道	55.39	139.17
5	600072.SH	中船科技	207.40	136.72
6	300161.SZ	华中数控	90.23	134.12
7	000988.SZ	华工科技	381.99	131.62
8	300549.SZ	优德精密	28.29	128.75

9	688662.SH	富信科技	32.13	124.73
10	603662.SH	柯力传感	103.34	123.98
11	002527.SZ	新时达	71.35	122.95
12	301083.SZ	百胜智能	12.31	111.95
13	002896.SZ	中大力德	69.79	104.20
14	688025.SH	杰普特	67.90	96.77
15	603859.SH	能科科技	85.16	95.67
16	688698.SH	伟创电气	18.35	93.04
17	300567.SZ	精测电子	196.85	89.54
18	002338.SZ	奥普光电	101.15	89.09
19	300669.SZ	沪宁股份	27.0221	87.5467
20	300551.SZ	古鳌科技	51.5174	87.3288

资料来源: iFind, 银河证券研究院整理, 数据截至 2023.06.30

## 图 目 录

图 1.	2023 年 1-5 月份固定资产投资累计同比 4%.....	1
图 2.	2023 年 1-5 月份固定资产投资主要受基建投资拉动.....	1
图 3.	2023 年 6 月制造业 PMI 为 49%，已连续三月位于荣枯线之下.....	1
图 4.	机械行业 2023 年中期策略推演.....	2
图 5.	特斯拉机器人的发展历程.....	3
图 6.	波士顿动力机器人的发展历程.....	4
图 7.	Optimus 原型机(左:概念机, 中:原型机, 右:最新版本).....	5
图 8.	特斯拉通过用单个线性执行器拉起一架半吨的钢琴.....	5
图 9.	Optimus 硬件架构.....	5
图 10.	Optimus 技术细节.....	5
图 11.	Optimus 的电机 (蓝色代表电机, 橙色代表执行器).....	6
图 12.	Optimus 灵巧手.....	7
图 13.	六轴工业机器人示意图.....	7
图 14.	协作机械臂组成.....	7
图 15.	伺服关节组成.....	7
图 16.	2017-2023 年中国工业机器人市场本土与外资品牌竞争格局.....	8
图 17.	2022 年中国工业机器人市场竞争格局.....	8
图 18.	2022 年中国工业机器人 RV 减速器市场竞争格局.....	8
图 19.	各环节附加值水平.....	9
图 20.	工业机器人产业链协同发展.....	9
图 21.	特斯拉视觉导航系统: 采用汽车同款神经网络, 自主识别行驶区域.....	10
图 22.	具身智能机器人发展阶段: 机器人视觉开启智能化的第一步.....	11
图 23.	2016-2027 年中国机器视觉市场规模及预测.....	12
图 24.	2018-2023Q1 绿的谐波业绩情况.....	13
图 25.	2018-2023Q1 绿的谐波盈利情况.....	13
图 26.	2022 年绿的主营业务情况.....	14
图 27.	2018-2022 年绿的谐波各业务毛利率情况.....	14
图 28.	2018-2023Q1 中大力德业绩情况.....	15
图 29.	2018-2023Q1 中大力德盈利情况.....	15
图 30.	2022 年中大力德主营业务情况.....	16
图 31.	2018-2022 年中大力德各业务毛利率情况.....	16
图 32.	冷却技术对比.....	17
图 33.	全球数据中心市场规模.....	18
图 34.	中国数据中心市场规模.....	18
图 35.	中国数据中心机架规模.....	18
图 36.	数据中心单机柜功率变化情况.....	19
图 37.	风冷与液冷能耗对比 (单位: 瓦).....	19
图 38.	中国数据中心能耗结构.....	19
图 39.	单机柜密度和冷却方式.....	20

图 40.	全国超大型、大型数据中心 PUE 情况.....	20
图 41.	数据中心 PUE 要求相关政策.....	21
图 42.	近 40 年全球和中国机床消费情况.....	23
图 43.	2016-2023 年 5 月中国金属切削机床当月产量.....	23
图 44.	2016-2023 年 5 月中国金属切削机床累计产量.....	23
图 45.	2022-2025 年中国整体机床市场需求预测.....	24
图 46.	1990-2022 年中国金属切削机床数控化率逐步提升.....	25
图 47.	机床产业链.....	26
图 48.	海天精工机床零部件占比.....	26
图 49.	纽威数控机床零部件占比.....	26
图 50.	国盛智科机床零部件占比.....	27
图 51.	科德数控机床零部件占比.....	27
图 52.	浙海德曼机床零部件占比.....	27
图 53.	我国机床消费档次划分.....	29
图 54.	2018-2022 年各地区半导体设备销售额-亿美元.....	32
图 55.	2022Q1-2023Q1 国内半导体设备销售额及同比增速.....	32
图 56.	2021-2023 年 5 月国内半导体设备进口额及同比增速.....	33
图 57.	2017-2021 年国内半导体设备销售额及国产化率.....	33
图 58.	2022-2023 年国内半导体设备前六大进口国进口份额及美、日、荷占比-亿美元.....	34
图 59.	半导体设备全球龙头及国内代表厂商.....	35
图 60.	不同半导体设备国产化率.....	37
图 61.	部分省市“十四五”期间半导体产业发展目标及 2023 年政策.....	38
图 62.	2000 年-2023 年 3 月全球半导体及半导体设备季度销售额与增速.....	39
图 63.	2020 年至今全球半导体月度销售额及同比.....	40
图 64.	2020 年至今费城半导体指数.....	40
图 65.	2018-2023 年中芯国际资本开支.....	41
图 66.	2023 年华虹半导体募投项目.....	41
图 67.	2021-2026 年中国人工智能市场支出预测.....	41
图 68.	2021 和 2022 年中国人工智能行业渗透率.....	41
图 69.	2021-2026 年中国智能算力规模.....	42
图 70.	2020-2027 年全球 GPU 芯片市场规模.....	42
图 71.	2022-2027 年全球光芯片市场规模.....	42
图 72.	2022-2028 年全球存储芯片市场规模.....	42
图 73.	科学仪器分类.....	44
图 74.	科学仪器产业链.....	45
图 75.	全球实验分析仪器市场规模.....	45
图 76.	全球实验分析仪器市场结构.....	45
图 77.	全球分析仪器市场结构.....	46
图 78.	中国大型科研仪器进口率.....	47
图 79.	中国仪器设备进出口贸易情况.....	47
图 80.	光谱仪中标进口和国产金额占比.....	48

图 81.	光谱仪中标进口和国产均价 .....	48
图 82.	质谱仪中标进口和国产金额占比 .....	48
图 83.	质谱仪中标进口和国产均价 .....	48
图 84.	色谱仪中标进口和国产金额占比 .....	49
图 85.	色谱仪中标进口和国产均价 .....	49
图 86.	光谱仪中标数量及均价 .....	52
图 87.	质谱仪中标数量及均价 .....	52
图 88.	色谱仪中标数量及均价 .....	52
图 89.	1994-2019 年中国进口机床数量 .....	54
图 90.	1999-2021 年中国工业机器人年度销量 .....	54
图 91.	2003-2021 年注塑机龙头海天国际营业收入 .....	55
图 92.	中国激光设备市场销售收入及增速 .....	55
图 93.	工业企业产成品库存约 3-4 年周期, 目前仍处去库存阶段 .....	56
图 94.	2023 年全球装机预计超 350GW,同比增速 52.17% .....	57
图 95.	2021—2023 年各年度每月累计装机量 (GW) .....	57
图 96.	国内硅料产能统计-万吨 .....	58
图 97.	晶硅致密料价格走势 .....	58
图 98.	2023 年度装机量达 120GW .....	60
图 99.	2022 年末大硅片市占率预计近 80% .....	60
图 100.	2019-2025 年不同类型硅片市占比变化趋势 .....	61
图 101.	老旧单晶炉已无法拉制 210 大尺寸硅片对应硅棒 .....	61
图 102.	2022-2030 年各种电池技术市场占比变化趋势 .....	63
图 103.	各电池工艺步骤 .....	63
图 104.	太阳能电池的认证效率图 (第一代蓝色线、第二代绿色线、第三代橙色线) .....	72
图 105.	钙钛矿材料 ABX <sub>3</sub> 正八面体晶体结构 .....	73
图 106.	钙钛矿电池工作原理 .....	73
图 107.	钙钛矿度电成本 (LCOE) 与效率、寿命关系图 (基于电池成本为 31.7 美元/m <sup>2</sup> ) .....	73
图 108.	效率成本走势预测 .....	73
图 109.	钙钛矿相比晶硅产业链及工艺时间明显缩短 .....	78
图 110.	铁路运输业固定资产投资累计同比和中国 GDP 同比增长 (%) .....	82
图 111.	地方政府专项债发行额 (单位: 亿元) .....	83
图 112.	PPP 项目情况 .....	83
图 113.	铁路货运量当月值及同比情况 (单位: 万吨) .....	85
图 114.	铁路客运量当月值及同比情况 (单位: 万人) .....	85
图 115.	动车组高级修招标规模 (组) .....	86
图 116.	轨交行业市盈率情况 .....	87
图 117.	轨交行业市销率情况 .....	87
图 118.	中国中车历年营业收入情况 .....	87
图 119.	中国中车历年归母净利润情况 .....	87
图 120.	中国通号历年营业收入情况 (亿元) .....	88
图 121.	中国通号历年归母净利润情况 (亿元) .....	88



图 122. 2023 上半年机械设备板块走势 .....	90
图 123. 2023 年机械设备板块涨幅位居 6 位 .....	90
图 124. 2023 年上半年机械设备估值变化 .....	90
图 125. 2023 年上半年机械设备板块估值位居 13 位.....	90

## 表 目 录

表 1.	不同类型机器人的自由度数量.....	6
表 2.	具身智能机器人演化路径: 完成由“不动”、到“固定动”、再到“自由动”的技术变革.....	10
表 3.	中国机器视觉行业竞争格局.....	12
表 4.	绿的谐波主要产品.....	13
表 5.	中大力德主要产品.....	14
表 6.	液冷技术路线比较.....	16
表 7.	数据中心液冷设备市场空间测算.....	21
表 8.	液冷设备相关标的.....	21
表 9.	机床零部件供应商情况.....	27
表 10.	重点机床生产企业的扩产计划.....	30
表 11.	数控机床相关标的.....	30
表 12.	2022 年全球前十大半导体设备厂商 (以营收计).....	34
表 13.	2022 年下半年以来美国对华半导体设备产业制裁措施.....	35
表 14.	日本《外汇及对外贸易法》新增出口限制.....	36
表 15.	2023 年我国半导体行业利好政策梳理.....	37
表 16.	大基金二期投资比例前十公司 (截至 2023 年 7 月 5 日).....	39
表 17.	国内半导体设备公司 (数据截至 2023 年 7 月 7 日).....	43
表 18.	2022 年全球上市仪器公司营收 TOP20.....	46
表 19.	科学仪器相关政策.....	49
表 20.	《政府采购进口产品审核指导标准》(2021 年版)各类仪器采购比例.....	51
表 21.	科学仪器相关标的.....	52
表 22.	产业链各环节技术进步方向.....	59
表 23.	2022-2023 年硅片产能统计.....	62
表 24.	TOPCon2023 年预计达到 417GW(不完全统计).....	63
表 25.	HJT 电池扩建项目统计 (不完全统计).....	65
表 26.	新技术路线对串焊设备提出更高的要求.....	71
表 27.	我国钙钛矿电池设备进展表.....	74
表 28.	目前在建产能达 0.86Gw, 规划产能 28.3Gw.....	78
表 29.	轨交行业相关政策.....	81
表 30.	2022 高铁车辆招标采购情况 (不完全统计).....	84
表 31.	动车组检修周期.....	85
表 32.	重点标的估值表.....	88
表 33.	2023 年上半年机械细分子行业涨幅.....	91
表 34.	2022 年机械板块个股涨幅前二十.....	91

## 分析师承诺及简介

### 鲁佩 机械组组长，首席分析师

伦敦政治经济学院经济学硕士，证券从业 8 年，2021 年加入中国银河证券研究院。2016 年新财富最佳分析师第五名，IAMAC 中国保险资产管理业最受欢迎卖方分析师第三名，2017 年新财富最佳分析师第六名，首届中国证券分析师金翼奖机械设备行业第一名，2019 年 WIND 金牌分析师第五名，2020 年中证报最佳分析师第五名，金牛奖客观量化最佳行业分析团队成员；2021 年第九届 Choice “最佳分析师”第三名。

### 范想想 机械行业分析师

日本法政大学工学硕士，哈尔滨工业大学工学学士，2018 年加入银河证券研究院。曾获奖项包括日本第 14 届机器人大赛团体第一名，FPM 学术会议 Best Paper Award。曾为新财富机械军工团队成员。

本人承诺，以勤勉的执业态度，独立、客观地出具本报告，本报告清晰准确地反映本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告的具体推荐或观点直接或间接相关。

## 评级标准

### 行业评级体系

未来 6-12 个月，行业指数相对于基准指数（沪深 300 指数）

推荐：预计超越基准指数平均回报 20%及以上。

谨慎推荐：预计超越基准指数平均回报。

中性：预计与基准指数平均回报相当。

回避：预计低于基准指数。

### 公司评级体系

未来 6-12 个月，公司股价相对于基准指数（沪深 300 指数）

推荐：预计超越基准指数平均回报 20%及以上。

谨慎推荐：预计超越基准指数平均回报。

中性：预计与基准指数平均回报相当。

回避：预计低于基准指数。

## 免责声明

本报告由中国银河证券股份有限公司（以下简称银河证券）向其客户提供。银河证券无需因接收人收到本报告而视其为客户。若您并非银河证券客户中的专业投资者，为保证服务质量、控制投资风险，应首先联系银河证券机构销售部门或客户经理，完成投资者适当性匹配，并充分了解该项服务的性质、特点、使用的注意事项以及若不当使用可能带来的风险或损失。

本报告所载的全部内容只提供给客户做参考之用，并不构成对客户的投资咨询建议，并非作为买卖、认购证券或其它金融工具的邀请或保证。客户不应单纯依靠本报告而取代自我独立判断。银河证券认为本报告资料来源是可靠的，所载内容及观点客观公正，但不担保其准确性或完整性。本报告所载内容反映的是银河证券在最初发表本报告日期当日的判断，银河证券可发出其它与本报告所载内容不一致或有不同结论的报告，但银河证券没有义务和责任去及时更新本报告涉及的内容并通知客户。银河证券不对因客户使用本报告而导致的损失负任何责任。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的银河证券网站以外的地址或超级链接，银河证券不对其内容负责。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。

银河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。银河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。

银河证券已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。除非另有说明，所有本报告的版权属于银河证券。未经银河证券书面授权许可，任何机构或个人不得以任何形式转发、转载、翻版或传播本报告。特提醒公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告。

本报告版权归银河证券所有并保留最终解释权。

## 联系人

### 中国银河证券股份有限公司 研究院

深圳市福田区金田路 3088 号中洲大厦 20 层

上海浦东新区富城路 99 号震旦大厦 31 层

北京市丰台区西营街 8 号院 1 号楼青海金融大厦

公司网址：www.chinastock.com.cn

### 机构请致电：

深广地区：苏一耘 0755-83479312 suyiyun\_yj@chinastock.com.cn

程曦 0755-83471683 chengxi\_yj@chinastock.com.cn

上海地区：李洋洋 021-20252671 liyangyang\_yj@chinastock.com.cn

陆韵如 021-60387901 luyunru\_yj@chinastock.com.cn

北京地区：田薇 010-80927721 tianwei@chinastock.com.cn

唐嫚玲 010-80927722 tangmanling\_bj@chinastock.com.cn