

长光所唯一上市平台，编码器龙头受益国产替代

2023年06月27日

► **中科院长春光机所下属上市企业，领衔国防光电测控技术。**公司从事的主要业务为光电测控仪器设备、新型医疗仪器、光学材料、光栅编码器、高性能碳纤维复合材料制品等产品的研发、生产与销售。公司主导产品为光电经纬仪光机分系统、航空/航天相机光机分系统、新型雷达天线座、精密转台、军民两用医疗检测仪器、光栅编码器、导弹火箭及空间结构件、k9 光学玻璃等。从技术实现和产品生产方面，公司在国内国防光电测控仪器设备的升级和更新换代中处于领导地位，是同行业中的领先者，拥有较高的市场占有率。

► **禹衡光学为国内高端龙头，国产替代趋势已成。**控股子公司禹衡光学是国内编码器领域的龙头企业，是唯一被国家认定为编码器工程中试基地的公司。2021年实现了 2.08 亿元的营收，同比增长了 25.40%。2022 年同比下降 13.9% 至 1.79 亿元。2022 年净利润 1244.79 万元，同比下降了 8.5%。2022 年的业绩下滑主要受疫情影响。在高端角度编码器和绝对尺领域，公司的表现优异，这主要得益于国家需求、市场需求以及国际局势等多种因素的叠加影响，这些因素导致国内对高端传感器的需求大幅增加。禹衡光学是国内高端机床光栅编码器核心供货商，满足在中国高端机床上的使用要求，价格相较编码器龙头海德汉有 20%-30% 的优势，在国产替代大趋势下发展潜力较大。此外，光栅尺在半导体及机器人领域均有较好的应用场景，公司竞争力突出。

► **控股长光宇航，布局航天碳纤维复材。**2022 年 9 月，奥普光电以 3.128 亿现金结算，完成了对长春长光宇航复合材料有限公司 40% 股权的收购。长光宇航是国内航天复材领域的重要供应商，其产品主要应用于商业航天、空间相机、武器装备等领域。截至 2022 年，公司的年营收为 2.42 亿元，两年复合增速达到 72.2%；归母净利润为 7265 万元，两年复合增速为 159.5%。长光宇航掌握多项核心技术，在复合材料领域经过多年的深耕细作，已经成为行业的领军者。公司在氰酸酯预浸料制造、量化成型工艺、超大尺寸一体化复合材料研制以及低成本制造方面取得了重要的成就，填补了国内在这些领域的空白。

► **投资建议：**公司光栅编码器行业领先，有望实现国产替代；复合材料核心产品自研自产，在航天复材领域优势明显；我们预测公司 2023-2025 年归母净利润将达到 1.72/2.43/3.44 亿元，对应估值分别是 58x/41x/29x，考虑公司核心业务的稳定增长以及近几年新领域的布局，首次覆盖，给予“推荐”评级。

► **风险提示：**政策风险；市场风险；原材料价格波动风险。

推荐

首次评级

当前价格：

41.87 元


分析师 李哲

执业证书：S0100521110006
电话：13681805643
邮箱：lizhe_yj@mszq.com


分析师 尹会伟

执业证书：S0100521120005
电话：010-85127667
邮箱：yinhuiwei@mszq.com

分析师 罗松

执业证书：S0100521110010
电话：18502129343
邮箱：luosong@mszq.com

盈利预测与财务指标

项目/年度	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入 (百万元)	627	941	1,214	1,585
增长率 (%)	14.7	50.1	28.9	30.5
归属母公司股东净利润 (百万元)	82	172	243	344
增长率 (%)	75.3	110.3	41.4	41.4
每股收益 (元)	0.34	0.72	1.01	1.43
PE	123	58	41	29
PB	8.8	7.7	6.6	5.4

资料来源：iFind 同花顺，民生证券研究院预测；（注：股价为 2023 年 6 月 27 日收盘价）

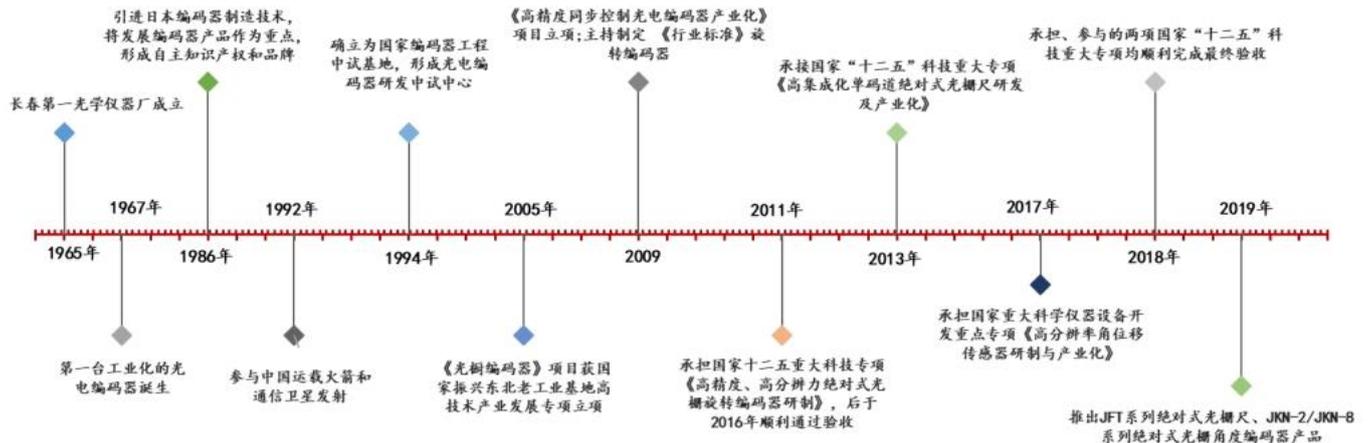
目录

1 背靠中科院光机所，光学实力国内顶尖	3
1.1 前身为中科院光机所试验场	3
1.2 长光所持股 42.4%	3
1.3 收入利润稳健增长	4
1.4 主营为光学相关产品	5
2 光栅国产龙头，受益数控系统及半导体国产化	7
2.1 禹衡光学为光编码器龙头，规模居国内首位	7
2.2 机床有望迎来景气周期，零部件国产化势不可挡	9
2.3 光栅传感器为高技术壁垒零部件产品	12
3 高端复材龙头，受益航空航天需求放量	22
3.1 收购长春长光宇航，深化复合材料领域布局	22
3.2 航空复材空间将扩张，我国国防支出提升仍可期待	24
3.3 长光宇航技术领先，受益于弹体结构下游放量	27
4 参股长光辰芯，深度布局机器视觉 CMOS	31
4.1 长光辰芯是国内 CMOS 图像传感器龙头	31
4.2 千亿级市场逐渐成型，国产替代蓄势待发	33
4.3 中国 CMOS 起步较晚，长光辰芯抢占高精品市场	34
5 盈利预测与投资建议	36
5.1 盈利预测假设与业务拆分	36
5.2 估值分析与投资建议	38
6 风险提示	40
插图目录	42
表格目录	42

1 背靠中科院光机所，光学实力国内顶尖

1.1 前身为中科院光机所试验场

图1：公司发展重要里程碑



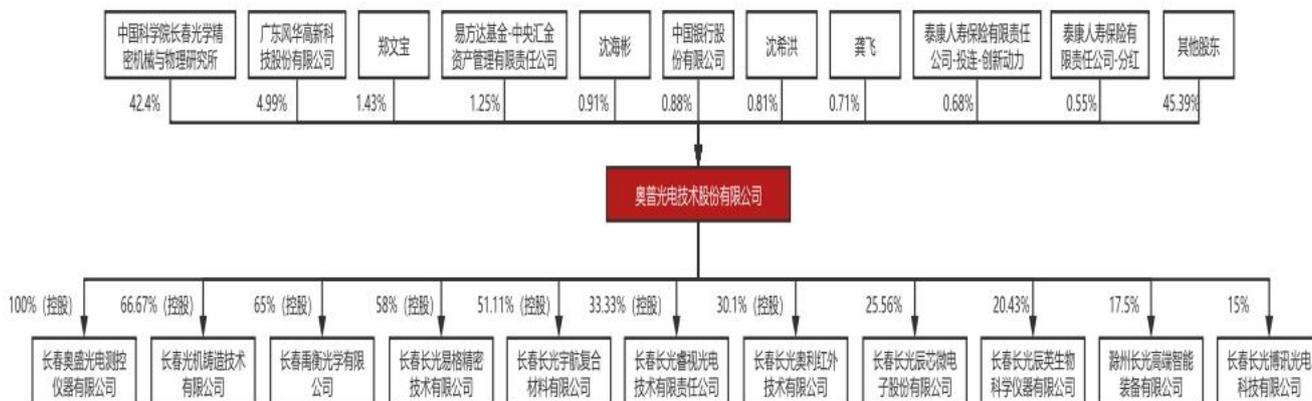
资料来源：公司官网，民生证券研究院

背靠中科院光机所，国防领域优势突出。奥普光电成立于2001年，是一家老牌光电测控厂商，在国防领域有着突出的优势。公司前身为1958年建立的中国科学院长春光机所实验工厂，2010年在深交所上市。公司专注于光机电一体化产品的研发和生产，其产品包括光电测控仪器设备、新型医疗仪器、光学材料和光栅编码器等。公司的下游客户主要是军工企业和国防科研机构，是精确制导武器产业链的重要组成部分。截至2022年底，公司共拥有近2000台/套先进的精密机械、光学加工设备和检测仪器，在该领域拥有几十项关键技术。从技术实现和产品生产方面，公司在国内国防光电测控仪器设备的升级和更新换代中处于领导地位，是行业中的领先者，拥有较高的市场占有率。近几年来，公司逐步从零件级向部件级和组件级转型升级。

1.2 长光所持股 42.4%

奥普光电通过“长光所体外孵化+上市公司外延并购”的模式实现快速发展。近几年，公司分别通过收购长光宇航以及参股长光辰芯，在多个下游领域完成了布局，积极为需求释放做准备。截至目前，公司下属共有七家控股子公司以及四家参股公司，且均为自孵化产业。禹衡光学主营光栅编码器，为国内第一领军企业；长光易格主营精密铸造铝合金；长光宇航主要产出碳纤维复合材料制品；长光辰芯为国内CMOS图像传感器龙头。

图2：奥普光电股权结构（截至 2023Q1 末）

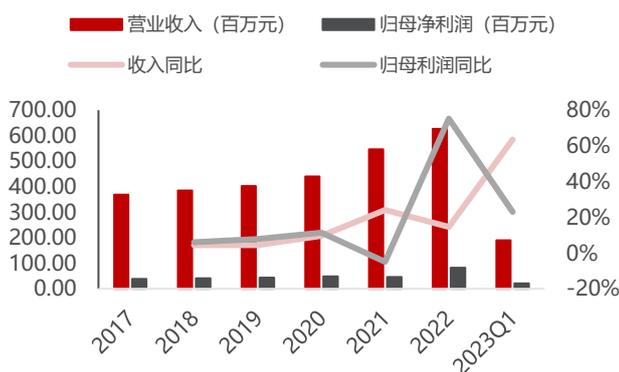


资料来源：iFind 同花顺，民生证券研究院

1.3 收入利润稳健增长

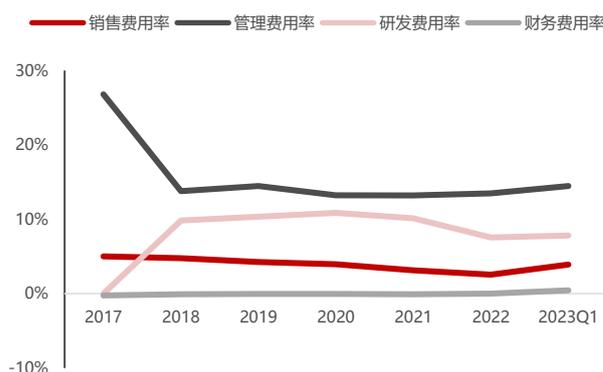
从 2017 年至 2022 年，公司的营业收入实现了较为稳定的增长，从 3.68 亿元增长至 6.27 亿元，CAGR=10.89%。主要归因于公司主打产品的销售提升以及收并购业务带来的新增收入。费用率方面，公司自 2018 年以来维持了平稳降本增效的节奏，除研发费用外，各项费用占营收的比例整体呈下降趋势。归母净利润稳步提升，在 2022 年创新高，达到 8179 万元，主要系收购标的公司长光宇航拥有较高的利润水平，叠加 2023 年将全额纳入合并口径，我们预计公司归母净利润和整体净利率在 2023 年将会进一步提升。

图3：2017-2022 公司营收及归母净利润情况



资料来源：iFind 同花顺，民生证券研究院

图4：2017-2022 公司费用率情况



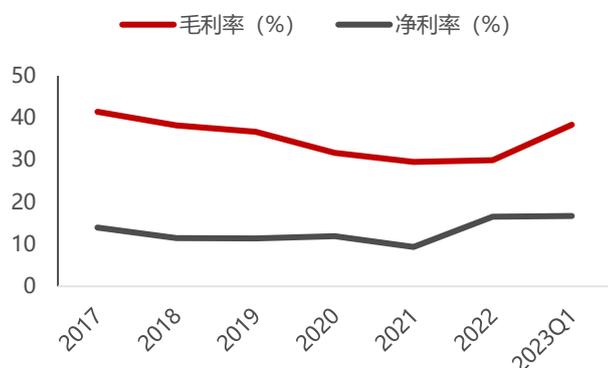
资料来源：iFind 同花顺，民生证券研究院

从毛利率角度看，光电测控仪器受直接人工和直接材料成本上升影响，近几年有所下滑。光栅传感类产品和复合材料在 2022 年保持了较高的毛利水平，分别为 38.65%和 40.24%。光学材料主要为 K9 光学玻璃，体量较小，对整体利润水平影响有限。

2022 年收购长光宇航以前，公司基本维持了 10%左右较低的负债率，2022 年资产负债率大幅上升，主要系长光宇航拥有较高的流动负债，且资产负债表在并

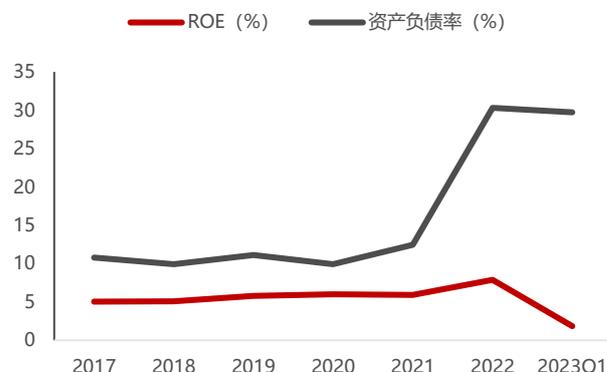
购完成时已全额纳入合并口径所致。

图5：2017-2023Q1 公司毛利率和净利率情况



资料来源：iFind 同花顺，民生证券研究院

图6：2017-2023Q1 公司 ROE 和资产负债率情况



资料来源：iFind 同花顺，民生证券研究院

根据公司主营业务构成来看，光电测控仪器和光栅传感类产品是公司的主打产品。在合并复合材料收入之前，这两类产品贡献了公司营收的 90%以上。从 2017 年到 2021 年，光电测控仪器类产品呈现出稳定增长的趋势，从 1.71 亿元增长至 3.15 亿元，CAGR 为 16.63%。光栅传感类产品受到疫情和管控措施的影响，在 2019 年和 2020 年出现了下滑，但在 2021 年业绩恢复，实现了 2.13 亿元的收入，同比增长 26.44%。2022 年 9 月，公司成功并表了长光宇航公司，纳入复合材料的收入约为 1.16 亿元，占总收入的 18.45%。由于此次收购不属于同一控制下的企业合并，且利润表并表只包括收购完成日到年底的数据，预计 2023 年复合材料收入的占比将进一步提升。

图7：公司主营业务构成情况



资料来源：公司年报，民生证券研究院

图8：公司分业务毛利率情况



资料来源：iFind 同花顺，民生证券研究院

1.4 主营为光学相关产品

公司从事的主要业务为光电测控仪器设备、新型医疗仪器、光学材料、光栅编码器、高性能碳纤维复合材料制品等产品的研发、生产与销售。公司主导产品为光电经纬仪光机分系统、航空/航天相机光机分系统、新型雷达天线座、精密转台、军民两用医疗检测仪器、光栅编码器、导弹火箭及空间结构件、k9 光学玻璃等。值得注意的是，航天复材需求旺盛，高精度光栅尺和编码器、工业级 CMOS 图像

传感器深度受益国产替代，公司进入业绩快速增长期。

表1：奥普光电主营产品

主营业务	细分产品	应用领域
光电测控仪器	光电经纬仪光机分系统	用于测量导弹、卫星、飞机及炮弹等飞行物体飞行轨迹及坐标信息的高精度光学测量设备，在靶场试验测量控制中得到广泛应用，从1958年研制我国第一台经纬仪至今，公司研制了从100mm到4000mm口径的系列产品，在神舟系列、嫦娥系列等国家重大任务中多次出色完成目标捕捉、测量任务。
	航空/航天相机光机分系统	以航空航天飞行器为平台，实施遥感测绘的专用光电测控仪器设备，公司制造的多种航天/航空遥感设备成功应用于“神舟”、“天宫”等国家重大工程任务。
	新型雷达天线座	用于支撑雷达天线探测目标的光电测控装置，通过雷达天线控制系统，使雷达天线能够按照预定的规律运动或者跟随目标运动，准确地指向目标，并精确地测出目标的方向。
	军民两用医疗检测仪器	军民两用的专业检测仪器，主要用于飞行员、驾驶员、操作员等特殊人群的身体指标快速检测，具有集成化、便携化、数字化等优点。
光栅传感类产品	光栅编码器	应用于自动化领域，是控制系统构成的重要器件，是数控机床、交流伺服电机、电梯、重大科研仪器等领域中大量应用的关键测量传感器件，是装备制造业产业升级的重要部件。
复合材料	导弹火箭及空间结构件	应用于商业航天、空间相机、武器装备等领域。通过对碳纤维的加工成型，为航空航天载荷、导弹火箭等提供结构件及功能件，确保载荷及武器装备达到重量及尺寸精度，同时满足复杂环境下的力学性能、热学性能及稳定性等指标要求。
光学材料	k9 光学玻璃	主要用于加工高端光学元器件。

资料来源：公司年报，民生证券研究院

2 光栅国产龙头，受益数控系统及半导体国产化

2.1 禹衡光学为光编码器龙头，规模居国内首位

控股子公司禹衡光学是国内编码器领域的龙头企业，被国家认定为编码器工程中试基地的公司。禹衡光学在研发能力、技术水平、产业规模和市场占有率等方面均位居国内同行业之首。在光栅传感器领域，禹衡光学具有绝对优势，2021年销售116.67万个，同比增长33.47%。此外，公司还提供专门的产品来供应工业机器人和协作机器人，并在近年来实现了较快的增长。光栅编码器是一种集光、机、电技术于一体的数字化传感器，可高精度测量转角或直线位移，是机器人关节电机的重要部件。

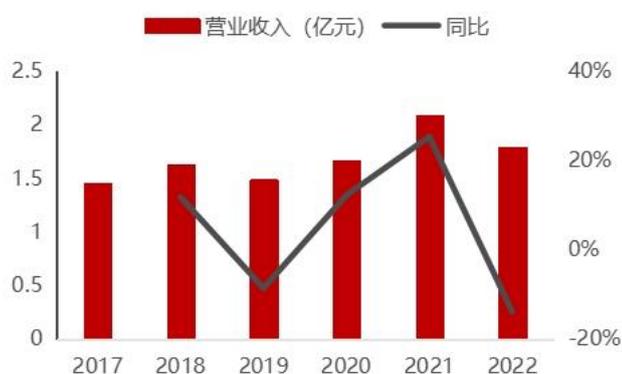
公司积极参与制定行业标准，承担国家重大专项，推动国内光栅编码器产业迅速发展。自2009年以来，禹衡光学作为标准化技术委员单位，主持制定、修订、参与起草了多项行业标准，包括《光栅旋转编码器》、《光栅角度编码器》、《光栅角位移测量系统》和《CPE-Bus 位移编码器双向串行通讯协议规范》等。此外，公司还承担了2012年国家科技重大专项《高精度、高分辨力绝对式光栅旋转编码器研制》和2013年《高集成化单码道绝对式光栅尺研发及产业化》等项目，并担负起产品产业化的重要任务，这两个项目均已通过国家验收。另外，公司于2017年成功申报国家重大科学仪器设备开发重点专项“高分辨率角位移传感器研制与产业化”项目，此次申报让公司成为国家关于传感器类的四项重大专项的受益者之一。

表2：禹衡光学主要产品及应用领域

类别	主要产品	产品样图	应用领域	应用部件
	光栅线位移传感器		机床	主要应用在机床的工作台、滑台等移动部件上，用于测量移动部件的位移和位置信息。
	光栅旋转编码器		数控机床、伺服、纺织、电梯、机器人、冶金、医疗器械、高精度测量、高精度转台等精密仪器	通常应用于机床的伺服系统中，作为测量机床运动部件位置的反馈装置，从而实现对机床运动的控制。光栅旋转编码器可以安装在机床的主轴、工作台、进给轴等部件上。
传感器	旋转变压器		机床、伺服	用于测量主轴的转速和旋转角度，能够精准控制主轴的转速和位置，确保加工精度和效率。
	手动脉冲发生器		机床	用于工件加工的原点修正，由于用手动控制，且有时现场工况复杂，使用频繁，要求有手感舒适、准确性好、耐磨性好的特性。另外，手动脉冲发生器暴露在机床的外部，需要有较好的抗震能力。
	齿轮传感器		机床	用于测量旋转轴的转动角度和速度，例如主轴和转动轴。它们能够提供高精度的角度和速度信息，这些信息可以用于控制机床的运动和加工过程。
测量仪器	高度计测量仪器		-	-
数据处理	数显表、数据采集卡、数据适配器		机床、光学仪器	数显表可用于辅助调整加工刀具和工件位置，提高加工精度和效率。数显表通常与机床的控制系统相连，实现自动化控制。
安装附件	联轴节、支架、连接板、挂盒		机床	-
教学仪器	光电子信息、基础物理实验、近代物理实验		教学光学仪器	-
其他	禹衡装备、德国 Inelta 产品、图像编码器、编码器零部件	-	-	-

资料来源：公司官网，民生证券研究院

禹衡光学得益于下游需求的释放以及自主可控需求的提升,在 2021 年实现了 2.08 亿元的营收,同比增长了 25.40%。2022 年同比下降 13.9%至 1.79 亿元。2022 年净利润 1244.79 万元,同比下降了 8.5%。2022 年的业绩下滑主要系三到五月份疫情的影响较大。经过六到八月份的努力,疫情影响逐渐缓解,公司整体效益得到了提升。尤其在第三季度,公司成功地延续了自六月份以来的良好表现,并取得了更加显著的进步。无论是订单量还是出库情况,都实现了全面提升。在高端角度编码器和绝对尺领域,公司的表现更加抢眼,这主要得益于国家需求、市场需求以及国际局势等多种因素的叠加影响,这些因素导致国内对高端传感器的需求大幅增加。

图9: 禹衡光学近六年营收变动情况


资料来源: 奥普光电年报, 民生证券研究院

图10: 禹衡光学近六年净利润变动情况


资料来源: 奥普光电年报, 民生证券研究院

2.2 机床有望迎来景气周期, 零部件国产化势不可挡

2.2.1 全球机床受疫情影响, 中国是第二机床消费国家

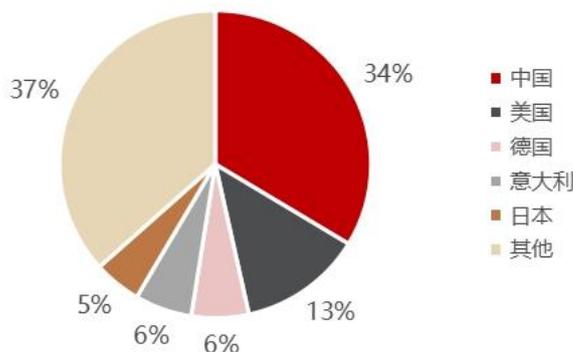
德国 VDW 口径下, 2021 年全球工业机床市场规模 700 亿欧元, 中国是全球最大的工业机床消费市场。据德国机床制造商业协会 (VDW) 对全球市场的统计数据, 2002-2012 年全球机床市场产值规模从 345 亿欧元增长至 751 亿欧元; 2020 年全球经济受疫情影响机床产值下降幅度较大仅有 592 亿欧元。2021 年实现恢复性增长至 709 亿欧元。按机床类型来看, 2021 年全球金属切削机床、金属成形机床分别为 501 亿欧元、207 亿欧元。按区域来看, 2021 年中国地区工业机床消费规模 236 亿欧元, 全球占比约 34%。

图11: 2002-2021 全球机床生产总产值



资料来源: 德国机床制造商协会, 中国机床工具工业协会, Gardner, 民生证券研究院

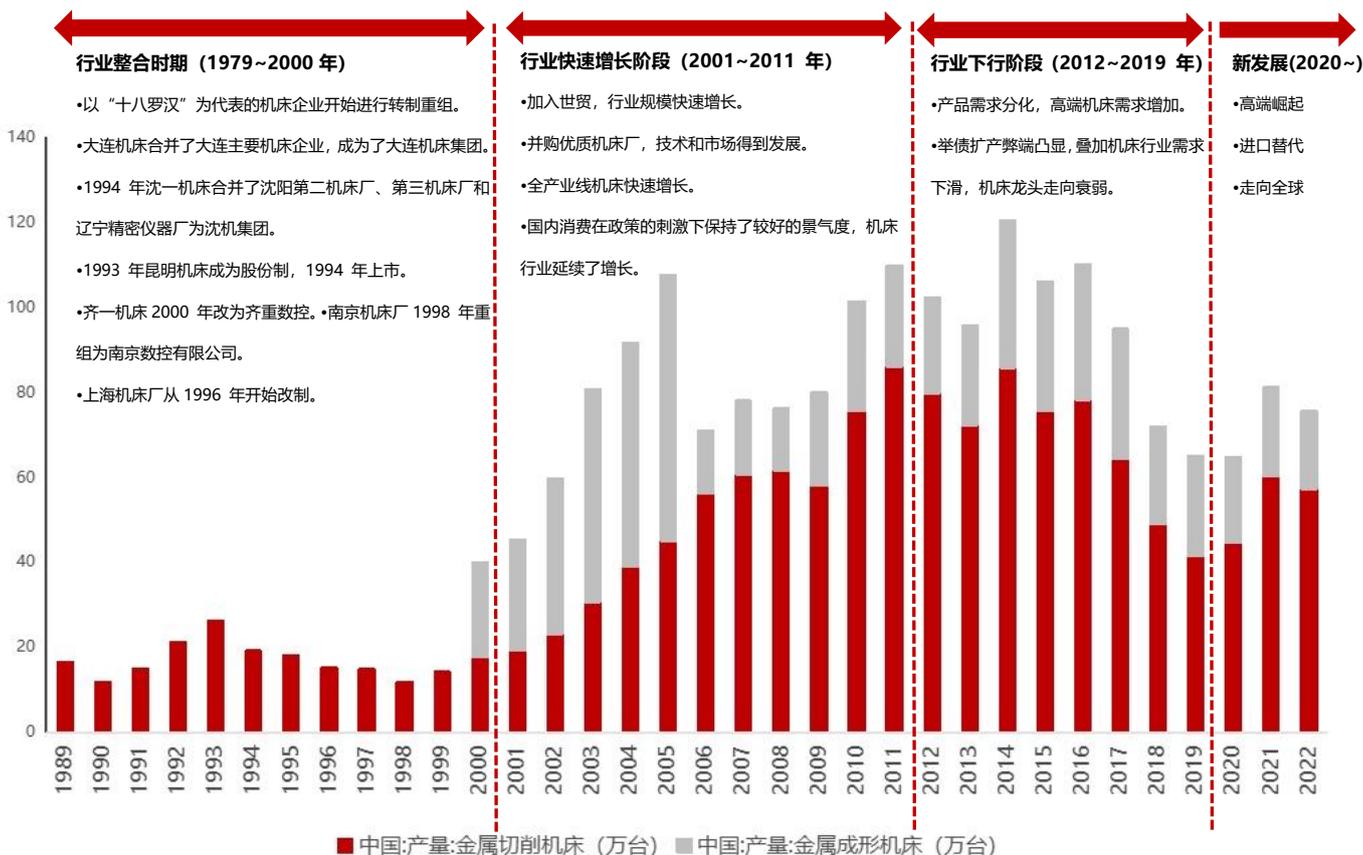
图12: 2021 年中国机床消费占比全球约 34%



资料来源: 德国机床制造商协会, 中国机床工具工业协会, Gardner, 民生证券研究院

2.2.2 高端数控机床规模持续扩大, 国产替代启动在即

图13: 机床行业有望进入国产替代新阶段

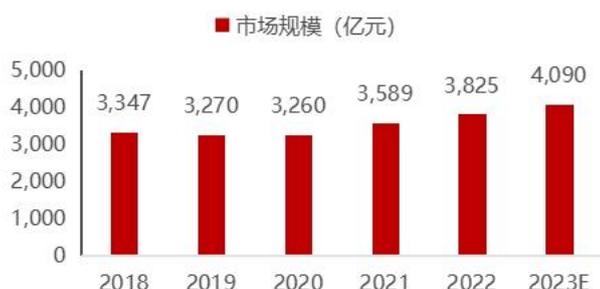


资料来源: 中国机床工具工业协会, 民生证券研究院

我国是数控机床的主要生产国家, 2022 年国内数控机床市场规模占全球超 65%。近年来, 我国数控机床产业规模持续扩大。根据 MarketWatch 估计, 2022 年全球数控机床市场规模 869 亿美元, 按 2022 年美元:人民币平均汇率 6.72 计算约 5839 亿元, 我国数控机床产业规模 3825 亿元, 占全球市场超六成, 同比增

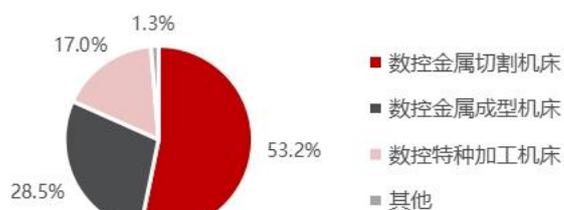
长 6.6%。根据中商产业研究院预测，2023 年我国数控机床产业规模将达 4090 亿元。从产业结构来看，我国数控金属切割机床产业规模最大，占比 53.2%，数控金属成形机床紧随其后，产业规模占比 28.5%，数控特种加工机床产业规模占比较小，仅 17.0%。

图14：中国数控机床市场规模



资料来源：中商产业研究院，民生证券研究院

图15：2019 年中国数控机床市场占比情况

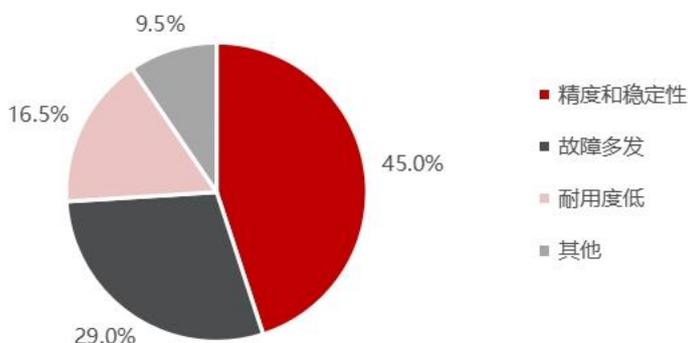


资料来源：中商产业研究院，知乎，民生证券研究院

2.2.3 核心零部件自制率低，国产化空间巨大

根据前瞻产业研究院的调查整理，我国数控机床行业目前的主要问题前两位是“精度和稳定性差”、“故障多发”，所以在中低端市场能够得以应用，在高端市场则显得不足。

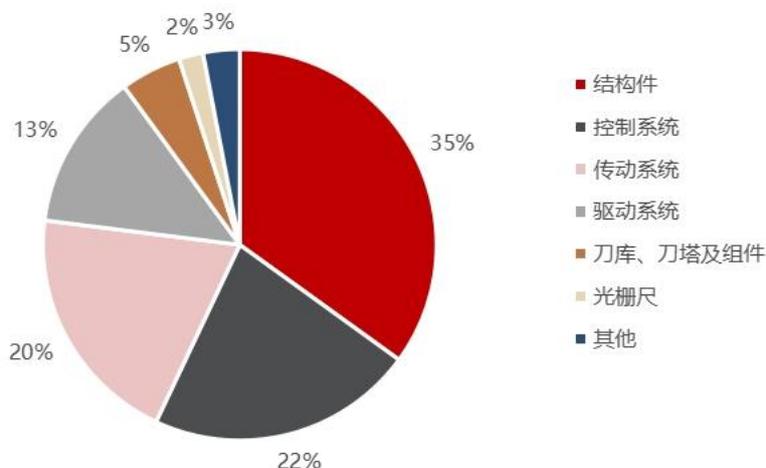
图16：中国数控机床主要问题分析



资料来源：前瞻产业研究院，民生证券研究院

核心零部件自制率低，或是核心问题。我国机床行业参与厂商众多，但核心零部件自制能力较为薄弱，在部分核心技术领域受制于人。根据海天精工招股书内容，数控机床的核心零部件根据其成本占比依次为结构件、控制系统、传动系统、驱动系统、刀塔、倒库及组件和光栅尺。当前我国机床行业已经在结构件、驱动系统领域实现了在中、低端机床上的国产替代，控制系统、传动系统方面国产替代已取得初步进展，但在高精密零部件和电气元件等方面仍然依赖于进口。

图17：数控机床核心零部件及成本拆分（%）



资料来源：海天精工招股说明书，民生证券研究院

注：结构件主要是铸铁、钢件等产品；传动系统主要包括导轨、丝杠、主轴等零部件；驱动系统分为液压驱动系统和电机驱动系统；其他部件主要是例如螺钉、螺栓等通用件。

2.2.4 十年更新周期或将开启

机床一般更换周期约为 10 年，国内机床消费量和产值在 2011 年达到顶峰后回落，进入长达 10 年的下行周期。国内制造业复苏深化，机床产业迎更新替换新周期。

机床使用寿命普遍超过设计寿命，行业下行期更新需求小。机床的设计使用寿命即折旧年限一般为 8~10 年，受机床本身质量、使用期间维护情况、为延长寿命所采取的设备大修等影响，其实际使用寿命普遍超过 10 年，但超过 10 年的机床稳定性和精度均会下降。目前我国大部分机床处于超期服役状态。

更新替换的原因：1) 原有机床设备，尤其是数控类机床，在经历多年的高强度使用后，设备加工精度、稳定性明显下，需要及时更换；2) 传统机床设备在经历多轮的升级迭代后，无论从效率还是精度上，均无法适应当前材料及工艺的加工需求，因此，需要使用更为先进的切削机床进行升级替代。

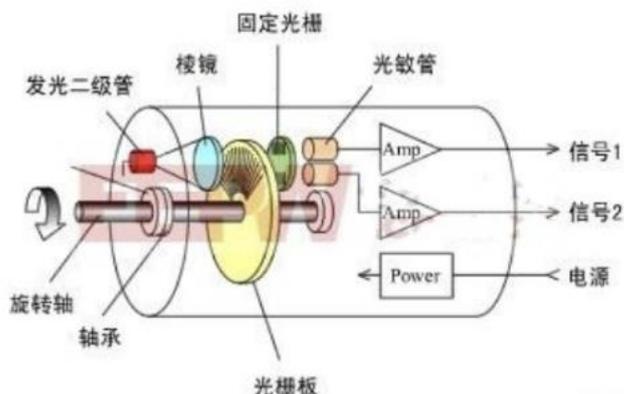
2.3 光栅传感器为高技术壁垒零部件产品

2.3.1 光栅编码器：高精度位移测量器件

光栅编码器是一种测量旋转角度和线性位移的高精度传感器。其工作原理是利用光栅尺或码盘的特殊设计结构进行测量，光栅尺由透明与不透明的区域相互交替，密密麻麻而组成。当传感器内部的光信号打到光栅，照到透明区域时会显示“1”，照到不透明的区域时显示“0”，“1”与“0”的相互交替就输出了脉冲信号，使得传感器内部的光信号转换成了电信号。对于光栅编码器中的码盘，光源会通过透明的光栅线和不透明的间隔区域相交，形成光栅模式。当光线照射到光栅模式时，会产生交替的亮暗条纹，这些条纹的数量和间距与光栅线的密度和间距有

关。当光线通过光栅模式照射到光敏元件上时，会产生正弦波形的电信号，根据这些电信号可以确定码盘的位置和速度。

图18：光栅编码器工作原理



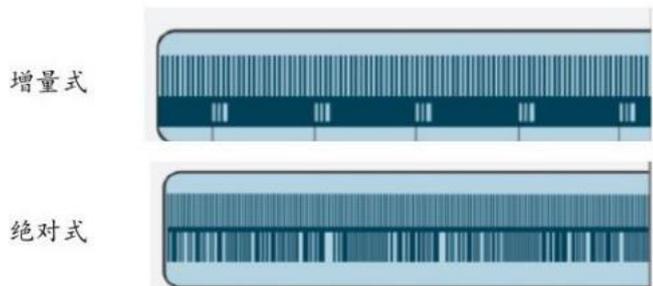
资料来源：知乎，民生证券研究院

编码器按测量准确度可分为角度编码器和旋转编码器：测量精度高于 20 角秒的编码器被称为角度编码器，其主要应用于数控分度盘、精密转台、DD 马达等。测量精度低于 20 角秒的编码器被统称为旋转编码器，主要应用于纺织机、包装机、加工中心、机器人等。旋转编码器又可按生成信号的模式进一步细分为绝对式、增量式和混合式。

按照编码方式可分为增量式编码器和绝对式编码器：增量式编码器输出脉冲，从 A、B 两组正交的脉冲的相位关系来确定旋转的方向，靠累积计数的方式来确定角度和位移。增量式编码器结构相对简单，但断电后无法保留当前位置信息，需要重新回零点。绝对式编码器结构相对复杂，但可记录当前唯一的地址信息，掉电后不需要回零点，可在当前位置继续工作。

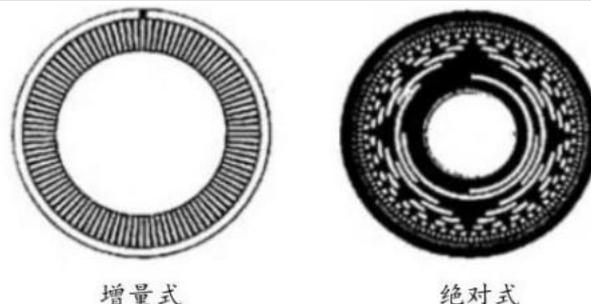
以旋转编码器为例，如图 19，绝对式旋转编码器中每一个角度和位置输出的编码值都是固定的，在这种编码器内部有许多通道孔洞的排列组合，每一种组合代表一个编码值。绝对式旋转编码器可以测量角度。其工作原理为轴上的开槽盘与固定式接收元件的配合使用。当轴旋转时，会产生一个独特的编码曲线，这意味着轴的每个位置都有一个模式，该模式用于确定旋转的确切位置。如果关掉编码器的电源并转动轴恢复供电后，编码曲线会显示断电之前的绝对位置。在需要较高精确度的项目中，编码器是最佳选择，因为编码器始终根据生成的唯一模式来确定位置。绝对测量编码器可以是单圈或多圈，单圈编码器用于短距离的测量，而多圈编码器更适合于长距离，可以满足更复杂的定位要求。

图19：增量式和绝对式光栅尺对比



资料来源：《绝对式光栅传感器关键技术的研究》，民生证券研究院

图20：增量式和绝对式码盘对比



资料来源：《绝对式光栅传感器关键技术的研究》，民生证券研究院

增量式旋转编码器与绝对式编码器相同，也有一个码盘，编码器内部的光源会不断照射码盘上的孔洞，每照射过一个孔洞就会产生一次脉冲输出进行计数。与绝对式编码器不同的是，增量式编码器码盘上的孔洞大小是相同的，如图 19（左），并且在编码器输出上会有 AB 两路信号，这两路信号可以用于判断编码器的正反转。每次轴旋转测量时都会创建输出信号，然后根据每转的信号数来定义输出信号，增量编码器上电后开始计数。所以与绝对编码器不同，增量编码器没有位置记录。由于增量编码器在启动时会因电源中断而从零开始计数，因此有必要为所有需要定位的项目确定一个参考点。

2.3.2 光栅编码器为精测主导技术

光栅测量技术在精密测量领域占据着重要的地位。从上个世纪 50 年代至 70 年代，栅式测量系统经历了从感应同步器到光栅、磁栅、容栅和球栅的演变过程。与其他四种技术相比，光栅测量系统具有综合技术性能更好、制造成本更低的优势。因此，光栅技术的发展速度最快、技术性能最高、市场占有率最高、产业规模最大。据《绝对式光栅传感器关键技术的研究》所述，目前光栅测量系统在整个测量领域中市场份额占据了 80%以上。相比激光测量技术，光栅常数受环境影响小，抗干扰能力强，在实际生产中更加实用。

一般来说，光栅编码器具有高分辨率、高精度和高可靠性等优点，适用于各种高精度测量和定位应用。它们广泛应用于机床、半导体、医疗设备、航空航天等领域，是现代高精度制造和测量的重要组成部分。同时，由于编码器涉及到很多技术领域，例如电磁、光电、电感、电容和激光等，编码器领域的门槛相对较高。

2.3.3 精度性能均优越，广泛应用于高端数控机床

光栅编码器是一种高精度的测量装置，广泛应用于机床、机器人、自动化生产线、半导体生产设备、医疗设备、航空航天、国防军工等领域。在机床领域，光栅编码器可用于数控机床、加工中心等设备的位置控制和运动控制，以实现高精度的加工。普通车床上，直接安装编码器的有机床主轴编码器、刀架编码器、手轮编码器，间接安装的主要在伺服电机上，高端的车床配有光栅尺。

在机器人和自动化生产线领域，光栅编码器可用于机器人的定位和轨迹跟踪，

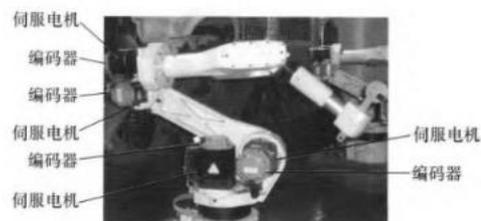
以及自动化生产线中机械手臂的控制和运动监测。在半导体生产设备领域，光栅编码器可用于晶圆切割机、薄膜涂覆机等设备的位置测量和控制。

图21：编码器在机械手臂及伺服电机中的应用



资料来源：《绝对式光栅传感器关键技术的研究》，民生证券研究院

图22：编码器在机器人中的应用



资料来源：《光栅编码器在机床行业中的应用》，民生证券研究院

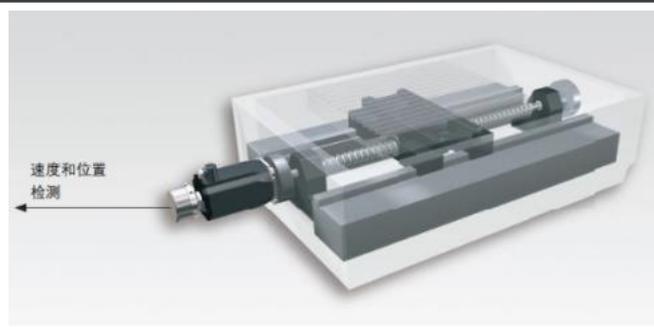
在医疗设备领域，光栅编码器可用于放射治疗机器、医学成像设备等高精度的医疗设备中，以实现患者的精准治疗和诊断。在航空航天领域，光栅编码器可用于航空航天器的导航、控制和姿态测量等方面，以确保飞行器的精准控制和稳定运行。

在国防军工领域，编码器可以应用于各种军用武器随动系统中，也作为光电经纬仪的重要功能元件，用于实现导弹初始方位角的定向和瞄准。可以说，需要实现定位测量功能的部位均有使用编码器的需求和空间。

光栅编码器在机床伺服系统中被广泛应用，伺服控制系统又可分为半闭环和全闭环控制系统两种。在半闭环控制进给伺服系统中，位置检查装置通常安装在驱动电机或丝杠的端部，以间接检测丝杠或回转马达的回转角来测量机床运动部件的实际位置。这种测量方式会带来一系列测量误差，包括滚轴丝杠的节距误差、反向误差、驱动系统变形以及滚轴丝杠热膨胀引起的定位误差等。

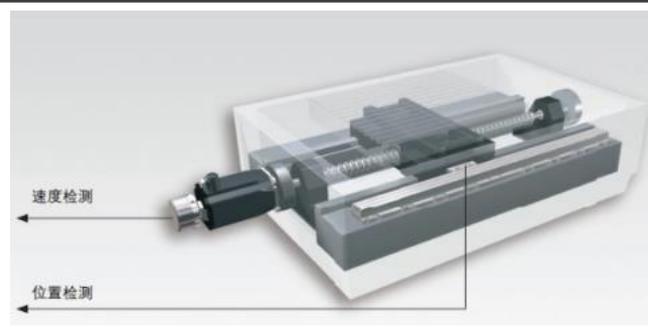
相比之下，全闭环控制进给伺服系统采用位置测量装置（如光栅尺）安装在机床运动部件上，并对移动部件进行实时反馈，自动补偿机床运动误差。全闭环控制系统的优点在于实现了运动部件的直接终端位移测量，克服了半闭环系统的间接测量误差，系统精度更高。在采用全闭环控制进给伺服系统的情况下，机床精度几乎只取决于光栅尺的精度和安装位置。

图23：半闭环控位置反馈控制



资料来源：搜狐，民生证券研究院

图24：全闭环位置反馈装置



资料来源：搜狐，民生证券研究院

相比于其他类型的编码器，光栅编码器具有更高的分辨率和更高的精度，能够实现更高的运动控制精度。此外，光栅编码器的工作原理也比较稳定可靠，能够适

应机床高速运动时产生的振动和干扰。因此，在高精度机床和数控加工中心等领域，光栅编码器已经成为了必不可少的测量设备。

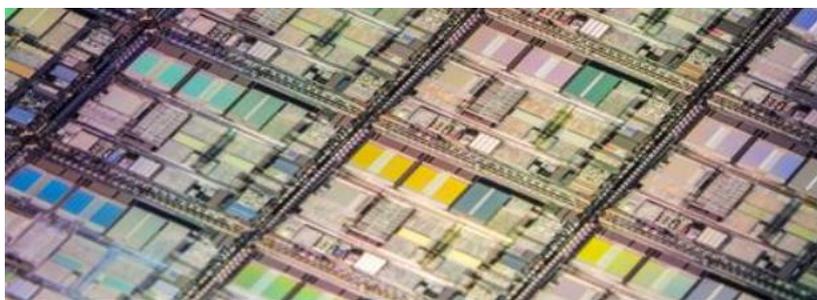
目前，国内外最新高端机床基本全部采用绝对式光栅尺。绝对式光栅尺以其卓越的动态性能而著名，被比喻为“数控机床的眼睛”。在测量方向上，其可靠的运动速度和加速度性能既满足了常规轴的动态性能要求，也能满足直线电机等高动态性能设备的要求。以五轴数控机床为例，其三个直线轴和两个旋转轴需分别需要对应三个光栅尺和两个角度编码器。禹衡光学传感器系列产品中，JFT-10、JZN-1、JKN-2C、JKW-1、JKD-4C 等光栅旋转编码器在高端数控机床已经得到了应用，其主要客户包括华中数控、广州数控、科德数控等国内一流机床厂家。

2.3.4 先进位置编码器技术提升光刻工艺水平

1) 光刻机中的应用

在光刻工艺中，光刻机的使用是必不可少的。首先，在硅晶圆上涂覆一层光敏性的光刻胶，也称为光致抗蚀剂材料。接下来，通过光束照射晶圆，使光刻胶上显示出光掩模中的图形。然后，使用显影剂去除经过曝光的光刻胶区域。最后，在晶圆上的裸露区域进行选择性的蚀刻或填充半导体、导电或绝缘材料，以构建所需的微电子特征层。通常需要进行多次光刻流程，大约 30 次左右。

图25：显微镜下的硅晶圆



资料来源：Reinshaw 官网，民生证券研究院

在光刻过程中，光掩模与晶圆衬底需要精确对准，以便将每片掩模上的图案准确地刻画到已存在的蚀刻图形层上。这是制造集成电路（IC）的关键步骤。晶圆和光掩模上的基准点会自动对准，并在误差范围小于 ± 20 纳米（具体取决于 IC 特征尺寸）的情况下，校正 X、Y 和 θ （旋转）方向上的偏移量。在半导体芯片制造过程中光刻机的掩模台、工件台的定位精度直接影响半导体芯片加工的线宽。**因此，在光刻机中需设置高精度的位移测量系统以保证掩模台、工件台的运动精度和定位精度。**

目前高精度位移测量方法包括激光干涉仪和光栅尺位移测量系统。光栅尺位移测量系统是以光栅的周期作为基准，也可以获得与激光干涉仪相类似的测量分辨率。

和激光干涉仪相比，光栅尺的读数头结构紧凑，受空气扰动影响小，环境温度

变化带来的误差也可通过使用极低热膨胀系数材料等技术手段缩减到最小。因此在一般工况条件下能够具有较好的测量精度和稳定性，有助于开发超高精度微位移监测装置。

2) 平板显示器制造

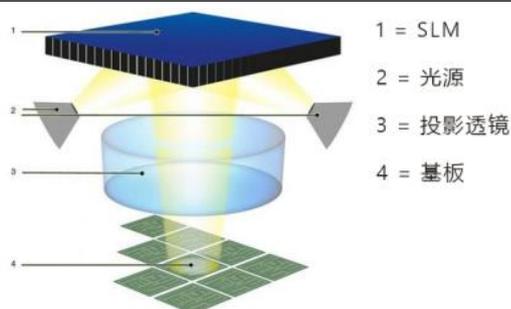
平板显示器 (FPD) 制造中应用的传统光刻工艺也用于半导体芯片制造。 芯片研发的一个主要驱动因素是电子设备尺寸的愈加微型化。另一方面，在 FPD 行业内，则按照能够制造出的玻璃基板的最大物理尺寸 (单位为平方毫米) 对每一代制造技术进行分类。例如，第十代 (G10) FPD 是从 2880 mm × 3080 mm 的玻璃基板上切割的。薄膜晶体管 (TFT) 是必不可少的显示器元件，其临界尺寸 (CD) 接近 3 微米，在好几代制造工艺中都保持稳定。

每一代新产品都可加工出更大的基板，因此必须提高生产率，实现通过单次曝光在基板的更大区域内形成电路图案。有人提出将多透镜系统作为问题解决方案，以覆盖更大区域。

然而，FPD 行业的一个重大挑战是制造和处理越来越大的光掩模，因为光掩模尺寸必须与基板尺寸成正比。无掩模投射系统逐渐流行，成为 FPD 生产中的替代技术。其中有这样一种技术，即使用空间光调制器 (SLM) 以类似于数字印刷的方式直接在基板上刻画图案。

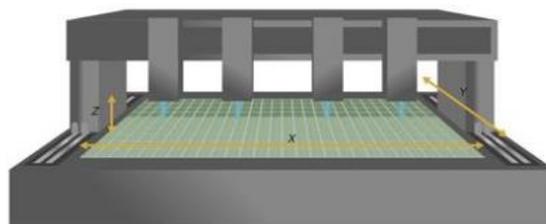
例如，一种并行光刻系统，如图 26 所示，包含呈并行阵列排布的一组 SLM 成像单元，每个单元又包含一个 SLM 压模组件、一个球面镜、多个光源和一套投射透镜组件，如图 25 所示。SLM 压模组件是 MEM (微机电系统) 器件，具有数千个可控微型镜组，通过镜组的倾斜可使入射光在透镜焦平面中产生高对比度的明暗掩模图案。需要精确的运动控制来协调成像单元及其下方面积更大的基板运动平台。在这种情况下，基板沿着 X 轴移动，SLM 单元沿着 Y 轴移动，如同打印头一样。两个平台均由空气轴承支撑，并由直线电机驱动。

图26: 空间光调制器 (SLM) 成像单元



资料来源: Reinshaw 官网, 民生证券研究院

图27: 带 SLM 成像单元的并行光刻系统



资料来源: Reinshaw 官网, 民生证券研究院

在这类制造系统中，除了提供用于直线电机换向的数据之外，位置传感器反馈还有助于精确控制位置。为了达到 FPD 行业要求的对准精度，即 $< \pm 2$ 微米，编码器的分辨率要显著小于 $1 \mu\text{m}$ 。高性能直线光栅和干涉测量激光尺适用于此类应用。

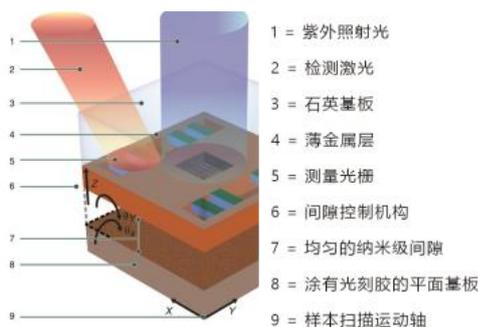
3) 未来的高通量纳米蚀刻技术

现代光刻技术是在整个硅晶圆上扫描或步进光掩模，长期目标是以低成本实现纳米级分辨率和高通量。无掩模直写光刻技术无需使用众多昂贵的光掩模，而恰恰是掩模限制了最新型微电子器件的最小可实现特征尺寸。

近场扫描光刻 (NSOL) 特别适合这类应用，因为它可以突破分辨率的瑞利衍射极限。如图 27 和图 28 所示，NSOL 技术使用具有纳米尺寸孔径的扫描探针作为掩模上的“超衍射极限”光源，可在光学近场尺度范围内直接写入表面特征。从这些纳米尺寸孔径射出的光会严重发散高达几十纳米，因此必须精确控制掩模和基板之间的间隙，使其维持在几十纳米之内，这对于确保工艺性能至关重要。

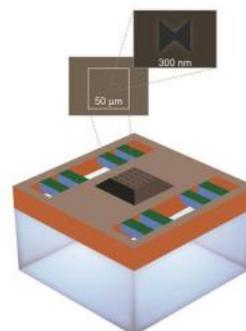
通过用激光依次扫过每个孔，可以直接在基板上构建图像。多轴压电平台用于相对于掩模定位基板。这些平台的位置编码器反馈需要保持在亚纳米级分辨率范围内，因此激光干涉仪型系统更适合进行更精细的调整。**传统的高性能光栅可以用于粗调直线电机平台的换向。**

图28: 近场扫描光刻设备



资料来源: Reinshaw 官网, 民生证券研究院

图29: 带蝴蝶结形孔的 NSOL 掩模 (底视图)



资料来源: Reinshaw 官网, 民生证券研究院

4) 高精度运动平台的重要性

光掩模运动平台是光刻设备的核心技术之一。这些先进的运动平台使用包括音圈电机 (VCM) 在内的多种不同类型的电机执行粗略 (>100 mm) 运动控制和更精细 (<2 mm) 的运动控制。运动命令模式通常是“加速—匀速—减速”类型。典型的掩模平台通常具有六个自由度，要用到多根需要高精度位置反馈的驱动轴。**高分辨率、高速度和低延迟的位置编码器是动态平台定位的关键，因为它们可以尽可能增加带宽并降低不稳定性。**在这些应用中，编码器的选择至关重要。编码器的周期误差低，则对伺服回路的输入负载干扰较小，从而实现更精细的速度控制。

5) 总结

先进的光栅技术可满足光刻工艺苛刻的高精度、重复性和稳定性要求。对于某些反馈应用，机器设计人员应考虑紧凑型先进光栅解决方案是否能够替代传统的干涉测量激光尺系统。鉴于无掩模光刻技术的进步，有朝一日可能不会再需要光掩模的多重曝光，但未来对测量性能的要求一定不会降低。

2.3.5 多因素决定旋转编码器精度

旋转编码器的精度主要取决于以下因素：

1) 编码器的线数：编码器的线数是指光栅盘上每圈的刻线数量。每个刻线的过渡（从一个刻线到下一个刻线）会产生一个脉冲信号。因此，线数越高，每圈的刻线越多，每圈产生的脉冲信号数量也就越多。

2) 电磁兼容：电磁兼容 (Electromagnetic Compatibility, EMC) 是指设备在电磁环境下正常工作并与其他设备共存的能力。它涉及到设备对电磁辐射的抗干扰能力和对外部电磁场的免疫能力。

3) 径向光栅的方向偏差：径向光栅的方向偏差指的是光栅刻线相对于其理想位置的偏移程度。在径向光栅中，光栅刻线沿着圆弧或螺旋状排列，用于测量旋转运动或圆周运动。方向偏差是指光栅刻线与其理想位置之间的角度差异或偏移量。

4) 圆码盘相对轴承的偏心量：偏心量 (Eccentricity) 是指在旋转运动或者圆周运动中，物体旋转轴心与其几何中心之间的距离。当旋转轴心与几何中心重合时，偏心量为零。如果旋转轴心与几何中心不重合，则偏心量为非零值。在工程和机械设计中，偏心量通常用于描述物体旋转或者圆周运动时的几何特征和运动状态。

5) 轴承的径向跳动：轴承的径向跳动 (Radial runout) 指的是轴承在旋转时轴向中心线的波动或偏移。它是指轴承内径或外径表面与其理想轴线之间的最大距离差异。径向跳动可以由多种因素引起，包括制造误差、装配不良、轴颈磨损、轴承磨损等。轴承的径向跳动会导致轴承在旋转时产生震动、噪音和不稳定性。较大的径向跳动可能会导致轴承寿命缩短，降低旋转系统的性能和可靠性。

6) 联轴器连接导致的误差（对于带定子联轴器的旋转编码器，该误差包含在系统精度内）：联轴器 (Coupling) 是一种用于连接两个轴（通常是旋转轴）的机械装置，用于传递动力和扭矩。它通常位于两个轴的连接点，将两个轴连接在一起，使它们能够共同旋转或传递运动。

2.3.6 编码器线数决定精度上限

光栅线数是光栅盘上的细微标记或条纹，通常采用等间距的方式排列。例如，一个具有 1000 线的光栅编码器，表示在光栅盘上有 1000 个等间距的光栅线。当光栅盘旋转一周时，光栅编码器可以提供 1000 个位置测量值，从而实现较高的分辨率和位置精度。

2.3.7 电磁兼容决定稳定性

简单来讲，光栅编码器的电磁兼容能力就是设备在电磁环境下的抗干扰能力，兼容性越好的设备在运行的过程中稳定性越高。不同环境下的干扰不同，解决方法也不同。除了上面提到的刻划精度以外，禹衡光学产品的电磁兼容性略逊于海德汉，主要由于电磁兼容主要涉及了电路的设计，有很大一部分取决于电路设计师的经

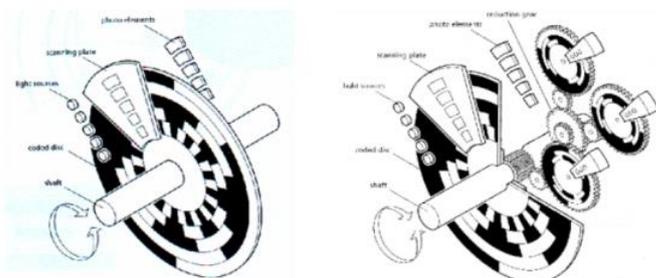
验。

2.3.8 单圈与多圈旋转编码器应用场景不同

旋转编码器又分单圈旋转编码器和多圈旋转编码器。单圈旋转编码器每转一圈重复绝对位置信息，多圈编码器还能区分其它各圈。因此，虽然多圈结构并不会增加测量的精度，但测量范围不再局限于 0° — 360° ，与钟表式的分针、时针原理相似。

单圈编码器多用于数控机床。目前数控机床普遍要求的最高精度大约为 2^{20} 位的旋转编码器以及 2^{29} 位的角度编码器，旋转编码器中 2^{17} 位用的最多。从精度升级的角度看，从 2^{22} 到 2^{25} 的难度并不大，但是 20 位以上的旋转编码器最后一次方位的精度普遍稳不住，空气中细小的环境变化和电压的微弱抖动都会影响精度稳定性，这个问题在禹衡和海德汉均存在。目前海德汉的单圈旋转编码器中，“ECN”和“ROC”系列中有多个产品可以做到最高单圈 2^{25} bit，禹衡光学的“JKW-6”系列产品最高单圈为 2^{26} bit。最高单圈分辨率仅能作为对比参考，因为不同型号的产品适用场景不同，在同一场景下编码器精度与稳定性的综合性能才是比较的关键。

图30：单圈（左）和机械多圈（右）的构造



从单圈绝对值编码器到多圈绝对值编码器

资料来源：华强电子网，民生证券研究院

多圈编码器主要用于伺服电机、机器人关节和军工等，按分圈方式又可分为电子多圈和机械多圈。机械多圈和电子多圈的差别在于多圈数据的原理不同，机械多圈是齿轮组产生的，而电子多圈是芯片生成的，单圈部分用的都是光栅盘。机械多圈方面，目前主流编码器的机械圈数最高为 4096 圈 (2^{12} 位)，禹衡的机械多圈编码器主要用于军工，因为军工领域设备一般不允许使用电池；电子多圈的圈数远大于机械多圈，准确度最高可以达到 1 角秒误差，且禹衡已经开始上手 1 角秒以内的技术突破。电子多圈应用最多的领域是伺服电机，同时也可以用于机器人关节。海德汉的“ECI/EBI 4000”系列产品最高达 2^{20} 圈，禹衡光学的“HKD-2C”系列产品最高可达 2^{23} 圈，在量程上高于海德汉。

单圈的分辨率是用 2 的 N 次方位数来表示其分辨位置编码，8 位就有 256 个编码位置，10 位 1024 线，12 位 4096 线，以此类推。多圈绝对值编码器是以单圈多少位乘以多圈多少位的方式表示其分辨率和测量圈数行程，禹衡光学的

“HKD-4C”系列的绝对值多圈编码器最大可以达到 $2^{22} \times 2^{23}$ (单圈 4,194,304 线, 8,388,608 圈), 而海德汉的“ROQ”和“EQN”系列的绝对值多圈编码器可以达到 $2^{25} \times 2^{12}$ (33,554,432 线, 4096 圈), 单圈最大分辨率是禹衡的 4 倍, 说明海德汉的多圈编码器在精度上限上强于禹衡光学。但是实际上, 普遍用户如果只用来测速的话, 对精度的要求并不高。禹衡目前的中端产品 (ZXF、ZKD、ZJE) 已经达到与海德汉同水平的产品质量, 但是常规品的准确度还有差距, 主要体现在光栅刻度精度上。

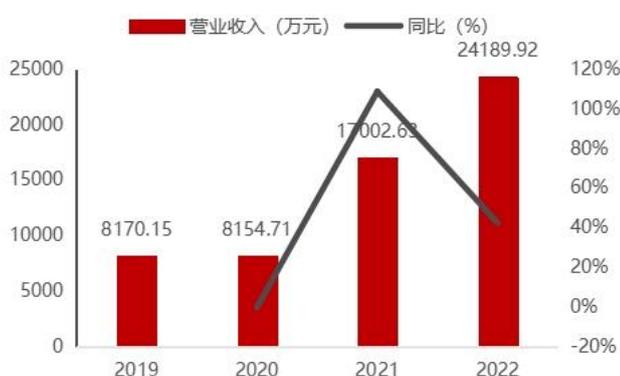
3 高端复材龙头，受益航空航天需求放量

3.1 收购长春长光宇航，深化复合材料领域布局

2022年9月，奥普光电以3.128亿现金结算，完成了对长春长光宇航复合材料有限公司40%股权的收购。标的的估值为7.82亿元，增值达到6.61亿元，增值率高达543.77%。交易完成后，公司共持有长光宇航51%的股权，达到控制。

长光宇航是国内航天复材领域的重要供应商，其产品主要应用于商业航天、空间相机、武器装备等领域。截至2022年，公司的年营收为2.42亿元，两年复合增速达到72.2%；归母净利润为7265万元，两年复合增速为159.5%。

图31：长光宇航近四年营收情况



资料来源：奥普光电公告，民生证券研究院

图32：长光宇航近四年净利润情况



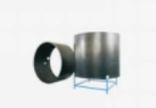
资料来源：奥普光电公告，民生证券研究院

从需求端来看，公司受益于卫星、火箭和导弹需求的快速增长。其中，2022年12月，“快舟十一号”火箭成功复飞，我们预计后续该型号的制造、发射以及新型号的研制都将快速推进。根据公司2022年4月9日的公告，公司在“快舟十一号”等型号的火箭整流罩、舱段等产品领域目前没有其他竞争对手。在导弹方面，根据公司2022年9月26日的公告，公司的导弹业务也快速增长。公司之前参与研发的多个型号陆续开始批产，并且军品任务量大幅增加。此外，商业遥感卫星发射也加快推进。以长光卫星研制的“吉林一号”卫星为例，截至2021年底，该型卫星在轨数量达到31颗，而到2022年底已增至72颗。根据长光卫星的招股书，公司预计在2025年底前将实现300颗卫星在轨。公司还在持续拓展下游客户及产品应用领域。根据公司投资者关系活动披露，公司目前主要涉及星、船、弹、箭、器等五个领域，并新拓展了电科和核工业集团领域。

从供应端看，产能扩充和高利润将为公司带来高增长。根据长春政府发布的消息和公司22年4月9日公告，公司二厂已经建设完成，产能已从21年的345套扩大到800套。特别是箭体/弹体结构件产能已从100套扩大到400套。在利润方面，公司22年的业绩大幅超过了承诺数额，有望继续保持高增长。此外，宇航产品的利润率较高，22年的毛利率为40.24%，净利率为30.03%，而22年的合并口径综合毛利率为29.95%，净利率为16.56%。随着宇航业绩的不断提高，其

在营收中所占比重将会增加，公司的盈利水平也有望持续提高。

表4：长光宇航产品一览

产品名称	例图	产品特点
舱段骨架		桁架结构，桁架杆采用 M40 碳纤维，上下端框架为 L 型端框
复合材料舱段		纵横加筋网格体，采用网格筋与蒙皮一体成型共固化技术，基体材料为氰酸酯树脂，可在 180°C 环境下长期使用
整流罩		端头帽基体材料采用耐烧蚀酚醛树脂，罩体增强材料采用高强玻璃纤维，具有透波功能
遮光罩		材料采用 T700/氰酸酯体系，大尺寸、薄壁、内加筋产品，采用内环筋与蒙皮一体化成型技术，克服了大尺寸薄壁产品固化过程中的热应力变形问题。
“吉林一号”卫星光学 A 星主结构		五块蜂窝板、承力筒、遮光罩、碳纤维连杆和支架等结构构成，蜂窝板面板分别为 0.3mm 铝面板和 0.6mm 碳纤维(M40) 面板
碳纤维承力筒		外加筋结构，一体成型，高精度，上下法兰平面度 0.03mm
碳纤维气瓶支架		基体材料采用环氧树脂体系，上支架采用 T700 碳纤维，下支架采用 M40 碳纤维，具有基频高的特点

资料来源：长光宇航官网，民生证券研究院

从下游角度来看，长光宇航的主要配套单位是光机所、航天科工以及航天科技集团的下属单位。2019 年-2021 年，这三个重要客户的合计占比均超过 95%。由于下游行业具有特殊性，标的公司所服务的客户相对较为集中。光机所是长光宇航的重要客户之一，与其的合作中具备较强的渠道优势。从营收数据来看，2021 年宇航在与光机所及航天科工集团的业务中实现了大幅增长。

表5：长光宇航前五大客户销售情况

序号	客户名称	销售金额 (百万元)	占营业收入比例
2021年1-11月			
1	光机所	7,415	44.2%
2	航天科工集团下属单位	7,285	43.4%
3	航天科技集团下属单位	1,701	10.1%
4	中国科学院微小卫星创新研究院	106	0.6%
5	哈尔滨工业大学	104	0.6%
合计		16,612	98.9%
2020年度			
1	航天科工集团下属单位	4,154	51.0%
2	光机所	2,217	27.2%
3	航天科技集团下属单位	1,342	16.5%
4	哈尔滨工业大学	334	4.1%
5	中国科学院上海技术物理研究所	54	0.7%
合计		8,101	99.5%
2019年度			
1	航天科工集团下属单位	5,205	63.7%
2	光机所	2,425	29.7%
3	长光卫星技术有限公司	417	5.1%
4	航天科技集团下属单位	28	0.3%
5	中国科学院上海技术物理研究所	27	0.3%
合计		8,101	99.2%

资料来源：奥普光电公告，民生证券研究院

3.2 航空复材空间将扩张，我国国防支出提升仍可期待

3.2.1 复合材料在航空航天领域的应用优势

碳纤维增强聚合物（CFRP）位于产业链中游，上游包括碳纤维、树脂原材料及金属模具加工等行业，下游包括航空航天、武器装备、风电、体育用品等。

图33：长光宇航所处产业链情况


资料来源：知乎，民生证券研究院

由于多种原因，航空航天工程中对复合材料的需求不断增加。相较于传统材料

如金属，复合材料的重量更轻。在航空航天工程中，减轻重量至关重要，因为这可以提高发动机性能并减少排放。轻质复合材料在减少航空航天部门的财务支出和生态影响方面也非常有用。

复合材料具有广泛的应用性，因为它们可以塑造成复杂的形状，不受传统材料的限制。工程师可以根据特定飞机的要求定制零件。

此外，复合材料还具有出色的抗风化和抗疲劳性能，是制造飞机的理想材料。它们具备承受极高温度的能力，尤其适用于航天器和再入飞行器等应用。正因为这些原因，复合材料被广泛用于构建飞机和航天器的主要承重结构，如机翼、机身、起落架和发动机舱等部件。

在过去几年中，碳纤维增强聚合物（CFRP）复合材料因其紧凑的尺寸、优异的耐久性和耐腐蚀性而成为航空航天和风能设备中的重要材料。碳纤维增强碳基复合材料（C/C），也称为碳/碳复合材料，由于其低密度，成为轻质复合材料的杰出组成部分。

两款备受欢迎的远程飞机，空客 A350 和波音 787，超过 50%的机身采用 CFRP 构造。而 A380 是第一款采用 CFRP 复合材料核心翼盒的飞机，相比先进的铝合金，可减轻 1.5 吨重量。

图34：空客 A350 结构图



资料来源：Airbus 官网，民生证券研究院

图35：波音 787 机型

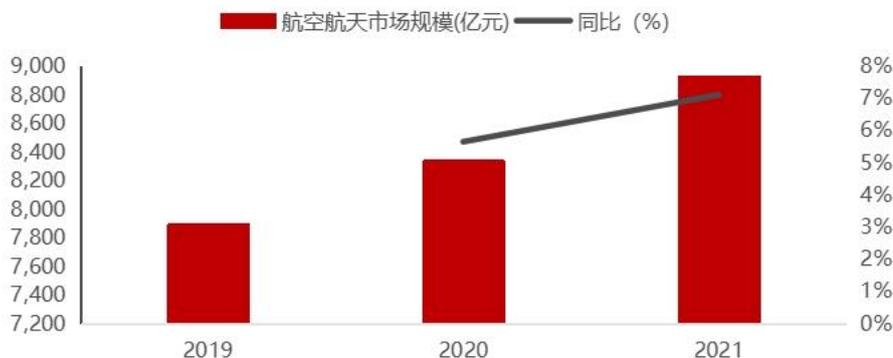


资料来源：Boeing 官网，民生证券研究院

3.2.2 复合材料有望迎来高增长

我国航空航天市场规模较大，处于快速发展阶段。当前在新型技术持续突破、“太空+互联网”跨界融合、新兴航天企业蓬勃发展、私有资本纷纷涌入的背景下，全球即将进入全新的航空航天时代，2021 年中国航空航天行业市场规模达到 8933 亿元，同比增长 7.11%，正处于快速蓬勃发展的阶段。

图36: 中国航空航天市场规模

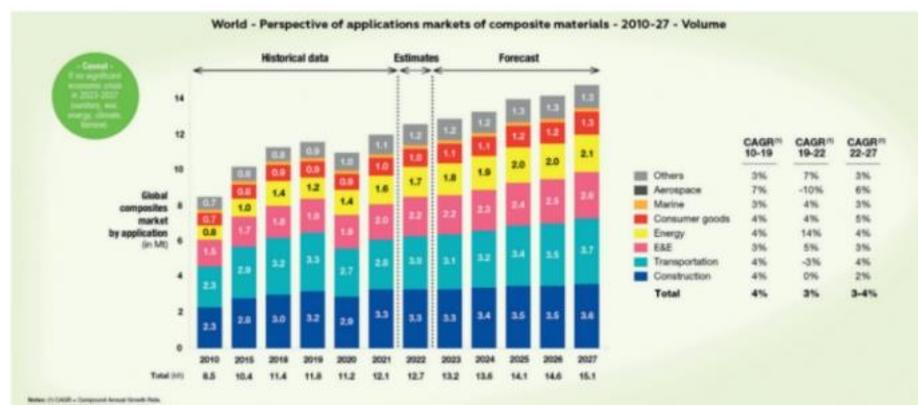


资料来源: 中研普华研究院, 民生证券研究院

根据 Marketsandmarkets 发布的报告,全球航空航天复合材料市场在 2022 年估计为 297 亿美元,预计到 2027 年将达到 516 亿美元,复合年增长率为 11.7%。按上述数据计算,2022 年全球航空航天复材占复材总量的 72.4%。这个市场的扩大得益于航空复合材料的卓越性能,使其能够在恶劣条件下发挥作用。此外,全球对于节油型飞机的需求不断增长,预计在短期内将推动市场的扩张。

亚洲地区仍然处于领先地位,但增长速度有所放缓。根据中国复合材料工业协会官网透露,未来几年,亚洲的复合材料市场预计以 4%的年复合增长率 (CAGR) 保持领先,其次是北美地区 (3% - 4%) 和欧洲地区 (1% - 2%)。亚洲地区是全球市场最大的占比,达到 47%。在亚洲地区,预计到 2027 年,复合材料市场将增至 730 万吨,其中电气和电子 (E&E) 行业预计占据大部分,达到 180 万吨。

图37: 全球复合材料应用市场细分情况



资料来源: 中国复合材料工业协会官网, 民生证券研究院

CFRP 方面,据贝哲思信息咨询,2021 年全球碳纤维增强塑料 (CFRP) 市场总规模达到 1038.4 亿元,预计在 2027 年增长至 1915.52 亿元。

3.2.3 航空复材竞争格局

长光宇航的竞争对手主要包括航天材料及工艺研究所、中国航发北京航空材

料研究院、西安航天复合材料研究所、上海复合材料科技有限公司、哈尔滨玻璃钢研究院有限公司、天津爱思达航天科技有限公司和浙江宝旌炭材料有限公司。

表6：长光宇航主要竞争对手

主要竞争对手	简介
航天材料及工艺研究所	航天材料及工艺研究所成立于 1957 年，隶属于中国运载火箭技术研究院，主要承担航天及高新技术新材料、新工艺的研究开发工作以及非金属、特种金属、复合材料产品的生产任务，产品主要面向火箭、卫星等航天领域，在碳纤维复合材料领域拥有环氧树脂、氰酸酯树脂等多种耐高温树脂基预浸料及其复合材料的产品，并建有先进功能复合材料技术重点实验室、树脂基复合材料结构制造技术研究应用中心及功能性碳纤维复合材料技术国家工程实验室。
中国航发北京航空材料研究院	中国航发北京航空材料研究院成立于 1956 年，主要承担航空先进材料应用基础研究、材料制备、性能检测等工作，其复合材料及应用研究室主要从事复合材料热压罐成型工艺及其工程化应用的研究，主要产品包括航天飞船返回舱舱门等航天树脂基复合材料与医疗用床面板等民用树脂基复合材料。
西安航天复合材料研究所	西安航天复合材料研究所成立于 1970 年，主要负责研制生产固体火箭发动机复合材料壳体、喷管和全复合材料导弹发射、储运筒，应用于国家多种战略、战术武器、载人航天器及卫星上，是我国固体火箭发动机复合材料壳体、喷管和大型复合材料导弹发射筒的主要承制单位之一，其大型结构复合材料设计与成型 313 技术、高性能碳/碳复合材料应用技术居国内领先水平。
上海复合材料科技有限公司	上海复合材料科技有限公司成立于 2000 年，隶属于航天科技集团第八研究院，主要承担航天和国防军工领域结构及功能性复合材料产品的生产任务，其主要产品有固体火箭发动机复合壳体、主喷管、隔热内衬、尾管、扩散段、燃气舵舱和储运发射箱等国防军工领域的复合材料产品及卫星、运载、飞船等航天器的太阳能电池阵基板、蜂窝夹层结构板、天线反射器、有效载荷框架和桁架结构、承力筒等航天领域复合材料产品。
哈尔滨玻璃钢研究院有限公司	哈尔滨玻璃钢研究院有限公司成立于 1960 年，隶属于中国建材集团有限公司，是我国最早从事树脂基复合材料研发的科研机构之一，其以结构功能复合材料及装备制造为主业，碳纤维复合材料产品主要为复合材料制品与结构件，应用于航天、航空、国防军工、工业、海洋、建筑等领域。
天津爱思达航天科技有限公司	天津爱思达航天科技有限公司是一家航天结构设计生产服务商，其产品主要有运载火箭整流罩、卫星构件、无人机产品、轨交轻量构件等，应用于商业火箭、商业卫星、无人机等领域。
浙江宝旌炭材料有限公司	浙江宝旌炭材料有限公司，原名浙江精功碳纤维有限公司，2020 年由宝钢股份的全资子公司宝武炭材收购后改为现名，是一家碳纤维复合材料制造商，其产品包括固体火箭发动机壳体等结构件及模具等，主要应用于航空、航天、轨道交通等领域。

资料来源：奥普光电公告，民生证券研究院

3.3 长光宇航技术领先，受益于弹体结构下游放量

3.3.1 核心产品自研自产，满足军工高端需求

据母公司奥普光电透露，长光宇航的产品靠自主研发。高端配方中采购来的树脂需要与特殊工艺相结合，技术难度较高，所以行业的壁垒主要体现在这里。航天、军工领域所需要的 CFRP 制品单价高、结构复杂、性能要求严苛，对结构体供应方在模具设计生产与树脂配方等多方面提出了尤其高的要求。

表7：长光宇航主要产品优势

产品名称	具体应用	产品优势
复合材料火箭箭体舱段	“快舟一号甲”火箭整流罩、转接舱；“快舟十一号”火箭级间段、整流罩等	国内率先完成直径 2,200mm 系列复合材料级间段研制工作，性能指标达到国内领先水平，为型号主要配套单位
复合材料空间相机结构件	XX 型号空间相机结构件等	在国内率先实现高尺寸稳定性、高热导率、可量化控制、大尺寸、结构复杂的先进复合材料零部件制造，有效提升空间光学相机尺寸稳定性，提高空间相机的高精度成像质量
复合材料卫星结构件	“风云”系列卫星结构件、“行云”系列卫星结构件、“珠海一号”卫星结构件、中欧合作 SMILE 卫星结构件、“吉林一号”卫星结构件等	在卫星主承力结构、太阳能电池阵结构和天线发射面等大型结构中大范围使用先进复合材料，掌握碳纤维树脂基面板蜂窝夹层结构成型技术，及适用于大面积、结构复杂构件的精确整体成型技术，形成自主知识产权，大幅度提高了卫星结构的研制水平
固体火箭发动机复合材料喷管及扩张段	“快舟”系列运载火箭发动机喷管等	国内首研“超大尺寸一体化复合材料固体火箭发动机喷管”，实现 4 米以上直径一体化复合材料喷管制造，解决了限制大型固体发动机研制的技术瓶颈

资料来源：奥普光电公告，民生证券研究院

长光宇航掌握多项核心技术，在航天复材领域优势明显。截至 2022 年 4 月，长光宇航拥有已授权的发明专利 10 项，申请中的发明专利 21 项，在复合材料领域经过多年的深耕细作，已经成为行业的领军者。公司在氰酸酯预浸料制造、量化成型工艺、超大尺寸一体化复合材料研制以及低成本制造方面取得了重要的成就，填补了国内在这些领域的空白。长光宇航在国产碳纤维预浸料制备、复合材料结构仿真分析、树脂配方研制、复合材料模具设计以及复合材料成型等五个方向拥有核心技术。公司还成功开发了环氧树脂、氰酸酯树脂、双马来酰亚胺树脂、聚酰亚胺树脂和邻苯二甲腈树脂等五种树脂体系，可以覆盖 150°C 到 400°C 耐高温等级范围，形成了成熟的工艺，并建立了适用于工业化生产的热熔预浸料生产线。

在火箭箭体领域，长光宇航成功实现了低成本制造的箭体复合材料，在原有结构的基础上实现了 30% 的减重，并且成本降低了 30%。公司还成功发射了多颗火箭配套产品。在固体火箭大尺寸喷管领域，长光宇航首次在国内研制出直径达到 4 米的一体化成型复合材料喷管，并成功点火。公司攻克了多项关键技术，包括大宽度大角度布带斜向缠绕、Z-Pin 增强技术（Z 型复合材料微细杆增强技术）、大型金属壳体预埋共固化技术、大型碳/碳喉衬预埋共固化技术以及超大尺寸复合材料火箭喷管一体化制造技术，相较于传统喷管，重量减轻了 50%。

在卫星领域，长光宇航实现了高精度卫星结构的轻量化，提高了卫星整体技术性能和天线的整体性能和精度，同时降低了卫星结构的质量。多颗卫星配套产品已经在轨道上成功运行，其中包括“风云三号”卫星、“行云二号”卫星、“珠海一号”卫星、中欧合作 SMILE 卫星以及“吉林一号”卫星等。

在空间相机领域，长光宇航成功实现了高尺寸稳定性、高热导率、可量化控制、大尺寸和结构复杂的先进复合材料零部件制造。这些零部件在空间环境中的力

学性能保留率达到 85%以上, 吸水率不超过 0.1%。在真空条件下, 总质量损失率不超过 0.2%, 总可凝性挥发物含量不超过 0.01%。导热系数可在 2~40W/(m·K) 范围内进行定量化设计, 热胀系数达到 $(0\pm 0.12) \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 的零膨胀桁架杆。长光宇航还成功研制出国内目前口径最大、分辨率最高的空间相机复合材料机身结构, 并已在轨道上运行, 合计已有 30 余台相机配套产品正在轨道上运行中。

人才储备方面, 长光宇航拥有一支高水平的科研团队、精干的管理团队和成熟稳定的一线员工队伍。科研团队积累了多年的专业复合材料研制、开发和生产经验, 具备强大的科研开发能力。核心技术人员的学历水平较高, 大多数是国内 985 院校的硕士和博士研究生, 涉及力学、化学、材料学、机械工艺、复合材料工艺、计算机模拟技术等多个学科背景。团队内部形成了学科交叉的优势互补, 已经形成了仿真分析、材料研发、产品研发、工艺研发、模具设计等多个研发方向。技术团队的规模一直在逐年增长。一线员工中, 超过 70%拥有大专及以上学历。此外, 长光宇航与哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、吉林大学等高校建立了良好的合作关系。

设备方面, 长光宇航目前拥有 200 多台复合材料生产设备和检测设备, 涵盖了树脂配方研制、预浸料制作、产品成型、加工等各个生产环节。这些设备包括先进的热熔预浸线、大型数控缠绕机、1,000 吨液压机、国内最大尺寸的布带缠绕机、直径为 5 米的最大压力热压罐等, 形成了预浸料生产线、复合材料火箭/导弹舱段生产线、复合材料空间相机结构生产线、复合材料卫星结构生产线、复合材料喷管及扩张段生产线、复合材料发射装置生产线等。

在试验测试设备方面, 长光宇航拥有国内首台高精度热膨胀精测设备、高真空度空间环境模拟设备、高低温万能材料试验机、三坐标检测设备、超声波探伤仪、激光跟踪仪、DHR 流变仪、差式扫描量热仪、3D 扫描仪等设备, 建立了理化分析、力学测试、结构试验、无损探伤、检验检测、精密测量等六大测试体系。其中, 大吨位高精度数控布带缠绕机代表着国内先进水平, 它在制品直径、芯模重量承载能力和控制精度方面均达到国内最高水平。此外, 长光宇航还自行研制了国内首台高精度热膨胀系数测量系统, 其测量精度可达到 $10\text{E}-8$ 量级, **能直接测量碳纤维桁架杆件的热膨胀系数, 填补了国内的技术空白。**

3.3.2 航天复材龙头地位稳固, 受益于导弹、火箭放量

长光宇航拥有一支国内一流的 CFRP (碳纤维增强复合材料) 设计研发团队, 公司在国家重点型号 CFRP 制品研制方面积累了丰富的经验。公司具备高效的生产能力、完善的产业化生产体系和成本控制优势。近两年来, 长光宇航已经完成了 40 多项科研项目, 取得了重要成果。其中, 包括高性能树脂配方、高性能热熔预浸料产业化、火箭筒体成型、卫星及空间相机结构轻量化、超大尺寸复合材料喷管成型等五个关键技术, 并已进入产业化阶段。长光宇航的 CFRP 空间光学设施结构、火箭舱体结构以及大口径固体火箭喷管等产品都处于国内领先水平。

例如，在运载火箭领域，公司产品在火箭舱段（整流罩、转接舱、间段）、发动机喷管等部位均有应用。在“快舟十一号”整流罩、舱段等产品上目前没有竞争对手。鉴于“快舟十一号”不但可以实现随时随地发射，且成本较低可商用，**我们预测后续该型号的制造、发射以及新型号的研制将快速推进，公司的复合材料产品在运载火箭应用领域的竞争优势将使其业绩充分受益。**

4 参股长光辰芯，深度布局机器视觉 CMOS

4.1 长光辰芯是国内 CMOS 图像传感器龙头

参股公司长光辰芯（持股 25.56%）是国内 CMOS 图像传感器领域的龙头企业。其技术和生产能力在国内处于领先地位，其高端产品的问世也打破了国外企业在该领域的垄断局面。公司已经开发出多款标准货架产品，同时不断探索下游应用领域，目前已经广泛应用于科学成像、工业成像、专业成像、医疗等多个领域。

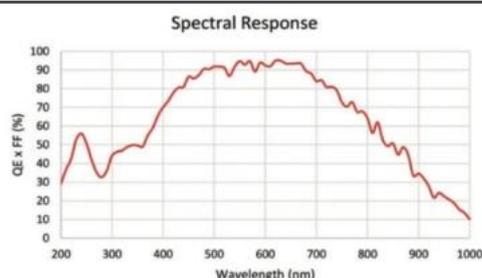
表8：长光辰芯产品一览

系列	特点	应用领域	满足需求
高分辨率大靶面 (GMAX)系列	高分辨率、全局快门等	广泛应用于平板显示器检测、半导体检测、工厂自动化检测等高分辨率工业检测领域	对动态目标高清成像的应用需求
高灵敏度低噪声 (GSENSE)系列	高灵敏度、低噪声、高动态范围等	面向高端科学成像应用而开发，主要应用于生命科学、医疗成像、光谱学、荧光成像、天文学、高能物理和软 X 射线等领域	对微光目标有效成像的应用需求
高速线阵(GL)系列	高速、低噪声、时间延迟积分工作模式等，分辨率从 2K 到 32K 不等	可用于印刷品检测、标签检测、透明材料检测等领域	对目标高速推扫成像的应用需求
高速面阵 (GSPRINT)系列	高帧频、低噪声以及高动态范围	4K 高速摄影、工业 AOI、运动捕捉等	进一步拓宽高速、高性能成像应用

资料来源：长光所官网，民生证券研究院

GSENSE 系列图像传感器芯片针对科学市场而设计，助力科学成像迈入 CMOS 时代。长光辰芯于 2015 年推出了全球首款背照式、科学级 CMOS 图像传感器——GSENSE400BSI，推动了中国高端相机的发展。2015 年 10 月 7 日，我国首颗商用高分辨率遥感卫星“吉林一号”成功验证了国产 CMOS 在轨技术。随着 CMOS 工艺的进步和科学级 sCMOS 的问世，CMOS 开始逐渐取代 CCD 在市场上的地位。公司不断推出多款背照式科学级 CMOS 产品，分辨率范围从 400 万像素到 3600 万像素，光学尺寸从 1 英寸小芯片到 84mm 大靶面芯片，形成了公司核心产品系列 GSENSE，助力科学成像市场成功从 CCD 时代迈向 CMOS 时代。

图40：GSENSE400BSI 芯片 QE 图



资料来源：高科技与产业化微信公众号，民生证券研究院

图41：长光辰芯 GSENSE 系列背照式芯片组合图

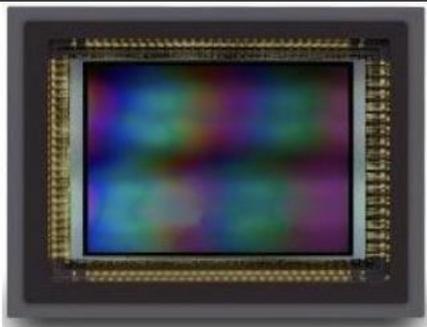


资料来源：高科技与产业化微信公众号，民生证券研究院

超高分辨率、全局快门 CMOS 聚焦工业市场。工业市场应用场景广泛，包括定位、识别、检测和测量等领域，具有碎片化和快速迭代的特点。工业检测需要高

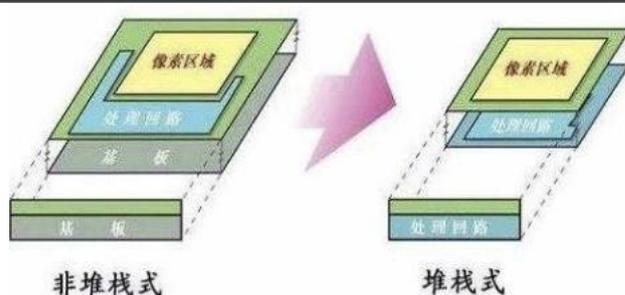
效率和高精度,推动了相机替代人眼、视觉系统代替人工的趋势。全局快门 CMOS 在高速在线工业检测中具有刚性需求,能够保持图像无扭曲,满足工业市场对低读出噪声、高分辨率和快速速度的要求。长光辰芯自 2017 年以来致力于工业视觉领域的发展,推出了全球最小的电荷域全局快门像素,产品广泛应用于 C 口工业相机。其产品范围包括 500 万像素到 2500 万像素的分辨率,光学尺寸从 1/2 英寸到 1.1 英寸,具备出色的快门效率和角度响应。针对工业领域需求,长光辰芯推出了高帧率的高速芯片和线阵产品系列,涵盖了从 2K 到 16K 的分辨率。2021 年,长光辰芯推出了 1.52 亿像素的全局快门 CMOS 芯片——GMAX32152 和首个堆栈式 CMOS 传感器,实现了超高分辨率和超高速输出,成为高端应用的理想选择。2022 年,长光辰芯推出了针对锂电池检测和 PCB 检测等行业需求的 8K 分辨率线阵 CMOS 芯片——GL7008,覆盖了多个像素尺寸和分辨率范围。

图42: GCINE4349 图



资料来源:长光辰芯官网,民生证券研究院

图43: 堆栈式与非堆栈式 CMOS 传感器



资料来源:搜狐,民生证券研究院

近几年公司业绩实现快速增长。2022 年,公司实现营收 6.07 亿元,同比增长 34.4%,17 年到 22 年 CAGR41.6%。由于摊销股份支付费用 3.63 亿元,公司 2022 年净利润为-0.79 亿元。不过,按长光辰芯适用的 15%企业所得税率还原后,公司 2022 年实际净利润为 2.30 亿元,同比增长 29.5%。相较于 2021 年按 15%所得税率调整后的净利润为 1.77 亿元(基于净利润为-0.13 亿元,股权支付费用为 2.24 亿元)大幅增长 30%。2023 年,随着长光辰芯股权支付费用对公司业绩的影响减弱,该公司将成为上市公司业绩的重要支撑。

图44: 长光辰芯近六年业绩情况



资料来源:奥普光电年报,民生证券研究院

深度合作学术机构，实现工业相机进口替代。2022年，公司与参股公司长光辰芯联动，研发出全国产化工业相机，打破国外垄断，实现国产化替代；在国防、商用星载航天/空遥感器方面，与国内多家知名大学及研究所深度合作，发挥产学研合作优势，研制出系列高分辨率、宽幅面的轻型星载航天/空遥感器；在可见/红外侦查用轻小型光电吊舱、大面阵及高灵敏度 CMOS 图像传感器成像机芯等技术方面取得突破。通过内部研发立项，持续开展新产品新技术的开发工作，持续巩固公司核心技术和产品的市场竞争力。

4.2 千亿级市场逐渐成型，国产替代蓄势待发

CMOS 传感器具备卓越的性能，有望取代 CCD 传感器。根据产品类型划分，当前主流图像传感器分为 CCD 图像传感器（电荷耦合器件图像传感器）和 CMOS 图像传感器（互补金属氧化物半导体图像传感器）两大类。在过去几十年中，CCD 芯片垄断了科学成像市场，其开发难度高、价格昂贵，并且厂商主要集中在欧美地区。然而，随着 CMOS 技术的不断发展，CMOS 图像传感器的噪声和暗电流水平逐步得到优化，在许多行业中已经开始取代 CCD。根据感光元件的安装位置，CMOS 传感器可以分为前照式（FSI）、背照式（BSI）和堆栈式（Stack）等不同类型。

表9：CCD 图像传感器与 CMOS 图像传感器特点对比

对比项目	CCD 传感器	CMOS 传感器
全名	电荷耦合器件传感器	金属氧化物半导体传感器
定义	像素被记录在芯片像元上，然后被一个一个地发送以创建图像。	在每个像素上使用晶体管，电荷通过传统导线移动，每个像素都得到单独的处理。
像元信号	电荷	电压
图像质量	高	稍低
图像分辨率	高	稍低
处理速度	低(因为并行数有限)	高
噪音	较小	稍高，现在差距越来越小
对光的敏感度	更高	较低
能量消耗	更多	较少
发热	更多	较少
成本	昂贵	更便宜
快门	全局快门 (几乎同时捕捉所有光线)	滚动快门 (从上到下分行暴光)
制造难易	复杂	简单

资料来源：知乎，民生证券研究院

全球 CMOS 图像传感器市场规模呈持续增长趋势，预计到 2026 年全球销售额将达到 2374 亿元，2022 到 2026 年复合增长率达到 10.5%。在政策红利的推动下，国内 CMOS 传感器市场正在持续扩容，预计到 2023 年将超过千亿元。作为基础半导体元件，CMOS 传感器正在逐渐取代 CCD 传感器，成为市场的主流选

择。随着下游应用场景的不断拓展，如安防监控和汽车车载等领域，CMOS 传感器仍具有巨大的增长空间。国内 CMOS 传感器厂商对技术研发的重视程度不断提高，技术不断升级，国产化率有望持续提升。根据头豹研究院的数据，预计到 2026 年，中国 CMOS 传感器市场规模将达到 1247.7 亿元。

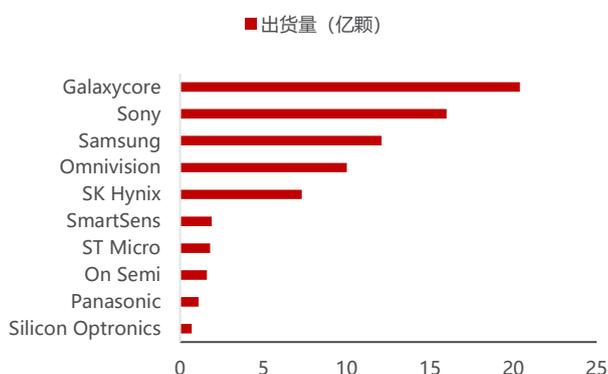
图45：全球及中国 CMOS 图像传感器市场规模预测



资料来源：头豹研究院，民生证券研究院

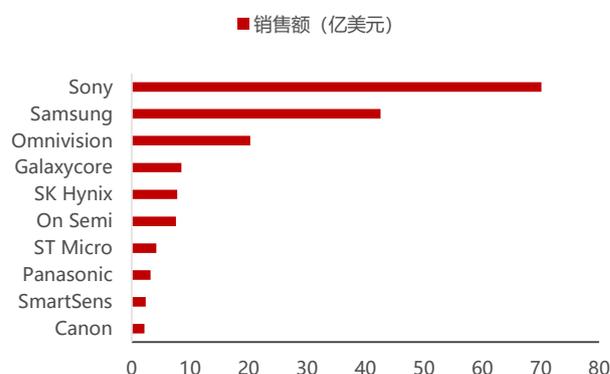
海外企业几乎垄断 CMOS 图像传感器行业，国产化空间巨大。根据 Frost&Sullivan 数据统计，2020 年全球 CIS 出货量排名前三的分别为 Galaxycore、索尼和三星，销售额排名前三的为索尼、三星和 Omnivision。

图46：2020 年全球 CIS 出货量排名



资料来源：Frost&Sullivan，民生证券研究院

图47：2020 年全球 CIS 销售额排名



资料来源：Frost&Sullivan，民生证券研究院

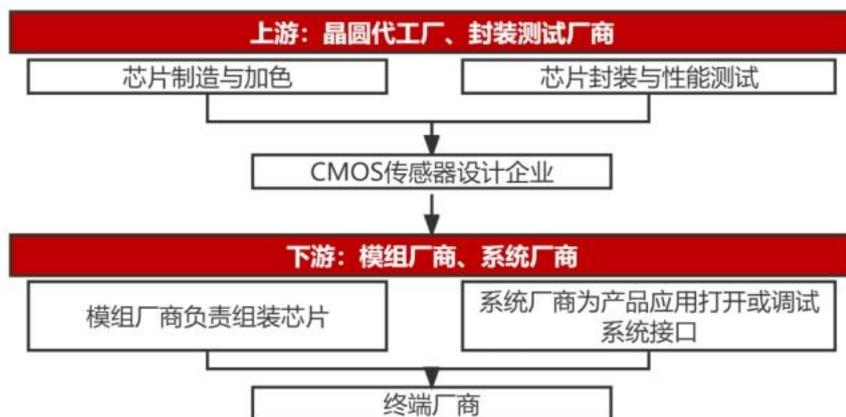
4.3 中国 CMOS 起步较晚，长光辰芯抢占高精品市场

中国的 CMOS 传感器行业起步较晚，参与的企业数量相对较少。这主要是因为 CMOS 传感器属于半导体产业，需要进行大规模批量生产，具有显著的规模效应。因此，CMOS 传感器供应商需要在研发阶段进行稳定的前期投入，这导致了行业的准入壁垒较高。

中国的 CMOS 传感器行业的产业链可以分为三个主要部分。上游部分主要包括晶圆代工厂和封装测试厂商，负责提供 CMOS 传感器生产所需的基础材料和加工工艺。下游部分主要包括模组厂商、系统厂商和终端厂商，公司将 CMOS 传感

器集成到各种设备和系统中，如摄像头、手机、智能家居设备等。

图48：中国 CMOS 传感器产业链

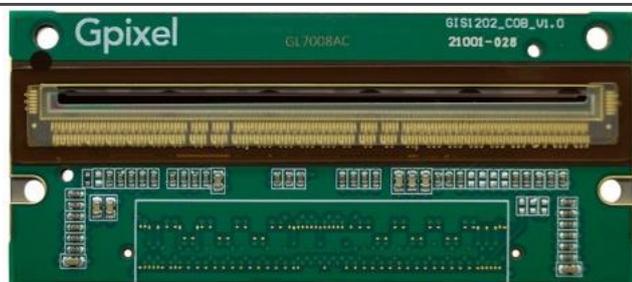


资料来源：知乎，民生证券研究院

技术优势明显，顺利研制超高清 8K/16K CMOS 图像传感器，打破国外垄断。

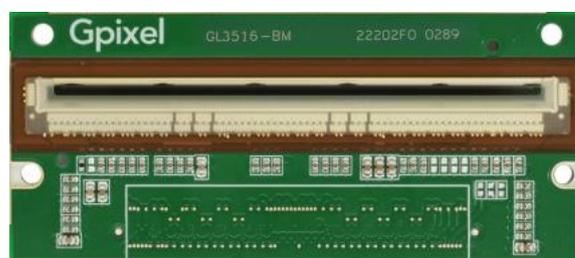
长光辰芯在国内 CMOS 图像传感器领域具备明显的竞争优势。2022 年 3 月 3 日，长光辰芯推出了 8K 分辨率、高速线阵 CMOS 图像传感器——GL7008，打破了我国超高清成像芯片及系统长期依赖国外进口、发展严重受限的局面。

图49：GL7008 线阵 CMOS 图像传感器



资料来源：公司官网，民生证券研究院

图50：GL3516 线阵 CMOS 图像传感器



资料来源：公司官网，民生证券研究院

2023 年 4 月 28 日，长光辰芯更是发布了分辨率高达 16K 的高速线阵 CMOS 图像传感器——GL3516。扫描速度和成像质量是衡量线阵相机检测时效的关键指标。GL3516 在具备高分辨率、高成像质量的同时兼顾了数据的传输速度。芯片通过 25 对 Sub-LVDS 通道进行数据传输，可实现 24Gbps 的最大数据率，在单线模式下的最高行频可达 120kHz，双线模式最高行频 60kHz。**GL3516 凭借高速传输、高分辨率、高画质的卓越性能，将进一步为超高清 CMOS 图像传感器的国产替代提供新的机会。**

5 盈利预测与投资建议

5.1 盈利预测假设与业务拆分

公司主要产品包括光电测控仪器、光栅传感器、复合材料和光学材料，主要应用行业包括航空航天、军工和工业自动化行业。公司 2020-2022 年营业收入同比增速分别为 9.6%/24.1%/14.7%。根据公司产品新增业务行业增速及传统业务维持情况，我们预测公司 2023-2025 年营业收入将达到 9.4/12.1/15.9 亿元，分别同比增长 50.1%/28.9%/30.5%，我们预测公司 2023-2025 年归母净利润将达到 1.72/2.43/3.44 亿元，同比增长 110.3%/41.4%/41.4%。

假设 1：光栅传感器：2020-2022 年内，公司光栅传感器收入占比均维持在 30%以上，收入分别同比增长 13.3%/26.4%/-10.8%，主要得益于下游需求的释放以及自主可控需求的提升，2022 年收入下滑主要受三到五月份疫情影响。我们预计随着伺服行业需求的稳定增长，伴随着高端角度编码器和光栅尺的国产化需求提升，公司光栅传感器类业务将迅速增长。综合考虑行业整体增速、公司产品竞争力情况以及经济下行导致收入下滑的潜在风险，我们假设 2023-2025 年增速分别为 50%/40%/40%，收入达到 2.85/3.99/5.59 亿元。

毛利率方面，公司 2020-2022 年光栅传感器毛利率为 35.0%/35.5%/38.7%，毛利率较前几年有所下滑，但是随着国家推进高端装备自主可控、国产化替代、工业母机等领域，公司的产品结构逐渐倾向高端化将推动毛利率迅速提升。我们假设 2023-2025 年光栅传感器毛利率将达到 50%/52%/54%。

假设 2：光电测控类仪器：2020-2022 年内公司光电测控类仪器收入占主营业务收入的比例均保持在 50%左右，同比增速分别为 9.9%/20.8%/-4.8%。光电测控仪器是公司的传统业务，将维持稳而不快的增长节奏。我们假设 2023-2025 年增速分别为 10%/10%/10%，收入将达到 3.30/3.63/3.99 亿元。

毛利率方面，公司 2020-2022 年光电测控类仪器毛利率为 31.5%/27.4%/22.5%，随着直接材料占营业成本比重逐年上升，公司毛利率受到影响。我们假设 2023-2025 年光电测控仪器毛利率将缓慢增长，达到 23%/24%/25%。

假设 3：复合材料：2022 年 9 月，公司完成了对长光宇航的非同一控制下的控股合并，计入合并口径的复合材料收入为 1.16 亿元。鉴于 2023 年公司将 100% 纳入长光宇航全年的收入，叠加卫星、火箭和导弹需求的快速增长以及产能的扩充，我们假设 2023 年复合材料营收将在长光宇航 2022 年 2.42 亿的基础上增长 24.3% 到 3.01 亿元，全额并表后将呈现 160%左右的增长。受益于新材料、碳纤维和航空航天领域良好的大环境，我们预计 2024-2025 年将继续保持 40%左右的高增长，未来三年收入达到 3.00/4.21/5.90 亿元。

毛利率方面，长光宇航 2020-2022 年复合材料毛利率为

41.3%/42.8%/40.2%，毛利率水平较高。结合下游行业及客户的特性，我们预计复合材料业务的毛利率将维持目前的水平，2023-2025 年复合材料毛利率维持 40.2%。

假设 4：光学材料：公司的光学材料业务主要涉及高端 k9 光学玻璃，用于加工高端光学元器件，2020-2022 年收入为 1155/1894/2138 万元，相较于公司其他主营业务占比较低。

毛利率方面，公司 2021-2022 年光学材料毛利率为-1.09%和 0.76%，仍未在盈利方面作出贡献。我们预计公司暂时没有大力发展该领域的业务的计划，毛利率在未来几年内保持在当前较低水平，2023-2025 年毛利率分别为 0.76%/0.76%/0.76%。

假设 5：期间费用：公司 2020-2022 年三费率（管理费用、销售费用和财务费用合计）分别为 28.0%/26.5%/23.6%，研发费用分别为 10.86%/10.14%/7.57%。财务费用方面，受控股收购长光宇航对合并口径资产负债率的影响，我们假设 2023-2025 年财务费用率略微提升，分别为 0.48%/0.32%/0.22%；管理费用、销售费用和研发费用方面，公司没有重大方针变动，且往年都维持在较稳定的水平，我们假设后续公司这三项费用率基本维持稳定，分别保持在 13.2%/2.56%/7.57%。

基于以上收入、毛利率及期间费用假设，我们预测公司 2023-2025 年归母净利润将达到 1.72/2.43/3.44 亿元，同比增长 110.3%/41.4%/41.4%。

表 10: 奥普光电盈利预测 (百万元)

	2020	2021	2022	2023E	2024E	2025E
营业收入	440.75	546.85	627.06	941.49	1213.98	1584.55
YoY%	9.59%	24.07%	14.67%	50.14%	28.94%	30.53%
光栅传感类						
营业收入	168.51	213.07	190.08	285.12	399.17	558.84
YoY%	13.32%	26.44%	-10.79%	50.00%	40.00%	40.00%
毛利率	35.02%	35.49%	38.65%	50.00%	52.00%	54.00%
光电测控仪器						
营业收入	260.68	314.84	299.90	329.89	362.88	399.17
YoY%	9.85%	20.78%	-4.75%	10.00%	10.00%	10.00%
毛利率	31.51%	27.36%	22.54%	23.00%	24.00%	25.00%
复合材料						
营业收入	-	-	115.7	300.82	421.15	589.61
YoY%	-	-	-	160.00%	40.00%	40.00%
毛利率	-	-	40.24%	40.24%	40.24%	40.24%
光学材料						
营业收入	11.55	18.94	21.38	25.66	30.79	36.94
YoY%	-28.7%	64.0%	12.9%	20.0%	20.0%	20.0%
毛利率	-	-1.09%	0.76%	0.76%	0.76%	0.76%
毛利润	139.77	161.55	187.79	339.68	464.36	639.10
毛利率	31.71%	29.54%	29.95%	36.08%	38.25%	40.33%
税金及附加率	0.86%	0.85%	0.87%	0.87%	0.87%	0.87%
销售费用率	3.95%	3.12%	2.56%	2.56%	2.56%	2.56%
管理费用率	13.23%	13.20%	13.46%	13.20%	13.20%	13.20%
研发费用率	10.86%	10.14%	7.57%	7.57%	7.57%	7.57%
财务费用率	-0.04%	-0.10%	0.01%	0.48%	0.32%	0.22%

资料来源: 奥普光电公告, 民生证券研究院预测

5.2 估值分析与投资建议

从主营业务和市场竞争地位来看, 奥普光电对标的上市公司主要有汇川技术(300567)、鸣志电器(688361), 奥普光电核心产品主要包括光栅传感器, 属于高端光电类产品, 与汇川技术的伺服电机与鸣志电器的微电机可属于同类, 且奥普光电的光栅尺产品聚焦高端市场。在估值分析中, 考虑到奥普光电业务成长性较好, 且对标的汇川技术、鸣志电器也具备较好的成长性, 我们使用 PEG 值作为评估公司投资潜力的指标。横向对比来看, 奥普光电的 PEG 值为 2.00, 低于可比公司均值。公司背靠长光所, 过去几年净利润持续稳定增长, 并且我们预计在未来几年内保持良好的增长势头, 叠加公司技术领先, 所处行业前景广阔, 我们认为其投资潜力高于行业内可比企业。

综上所述, 考虑到公司光栅编码器行业领先, 高端品国内技术领先, 发展潜力较大, 复合材料核心产品自研自产, 在航天复材领域优势明显, 首次覆盖, 给予“推荐”评级。

表 11：奥普光电可比公司估值对比

代码	简称	股价	EPS (元/股)				PE				PEG
			2022A	2023E	2024E	2025E	2022A	2023E	2024E	2025E	
300567.SZ	汇川技术	63.26	1.64	1.99	2.52	3.15	39	32	25	20	1.59
688361.SH	鸣志电器	72.14	0.59	0.97	1.48	2.00	122	74	49	36	2.43
平均值							80	53	37	28	2.01
002338.SZ	奥普光电	41.87	0.34	0.72	1.01	1.43	123	58	41	29	2.00

资料来源：奥普光电公告，iFind 同花顺，民生证券研究院预测（注：股价为 2023 年 6 月 27 日收盘价）

6 风险提示

1) 政策风险。机床工具行业与汽车和工程机械、轨道交通、新能源等行业密切相关，宏观政策和机床工具下游行业的变化，将对公司客户需求造成影响，进而影响公司产品销量。

2) 市场风险。目前国际、国内宏观经济形势复杂多变，国内外经济同步增长但仍存在不确定性，国际贸易格局、外汇市场及资本市场等如发生不利变化或调整，都将可能对公司生产经营环境产生不利影响。

3) 原材料价格波动的风险。公司原材料及零部件的成本可能受到多种因素的影响，如市场供求、供应商变动、替代材料的可获得性、供应商生产状况的变动及自然灾害等

公司财务报表数据预测汇总

利润表 (百万元)	2022A	2023E	2024E	2025E
营业总收入	627	941	1,214	1,585
营业成本	439	602	750	945
营业税金及附加	5	8	11	14
销售费用	16	24	31	40
管理费用	84	124	160	209
研发费用	47	71	92	120
EBIT	52	143	210	307
财务费用	0	4	4	3
资产减值损失	0	0	0	0
投资收益	50	89	115	151
营业利润	102	228	322	455
营业外收支	0	0	0	0
利润总额	101	228	322	455
所得税	-2	9	13	18
净利润	104	218	309	436
归属于母公司净利润	82	172	243	344
EBITDA	88	181	254	357
		110.3%	41.3%	41.4%

资产负债表 (百万元)	2022A	2023E	2024E	2025E
货币资金	137	180	243	393
应收账款及票据	262	329	391	467
预付款项	96	108	120	142
存货	422	412	472	518
其他流动资产	75	89	102	118
流动资产合计	992	1,119	1,328	1,639
长期股权投资	222	311	426	577
固定资产	291	300	308	323
无形资产	64	69	73	78
非流动资产合计	939	1,051	1,186	1,356
资产合计	1,931	2,169	2,514	2,995
短期借款	45	45	45	45
应付账款及票据	97	132	165	208
其他流动负债	170	153	191	243
流动负债合计	312	330	402	496
长期借款	99	97	97	97
其他长期负债	174	194	194	194
非流动负债合计	273	292	292	292
负债合计	585	622	693	788
股本	240	240	240	240
少数股东权益	209	255	321	414
股东权益合计	1,346	1,547	1,821	2,207
负债和股东权益合计	1,931	2,169	2,514	2,995

资料来源: 奥普光电公告, 民生证券研究院预测

主要财务指标	2022A	2023E	2024E	2025E
成长能力 (%)				
营业收入增长率	14.67	50.14	28.94	30.53
EBIT 增长率	-9.29	173.01	47.44	46.22
净利润增长率	75.31	110.31	41.34	41.39
盈利能力 (%)				
毛利率	29.95	36.08	38.25	40.33
净利润率	13.04	18.27	20.03	21.69
总资产收益率 ROA	4.24	7.93	9.67	11.48
净资产收益率 ROE	7.20	13.31	16.21	19.17
偿债能力				
流动比率	3.17	3.39	3.31	3.30
速动比率	1.51	1.81	1.83	1.97
现金比率	0.44	0.54	0.60	0.79
资产负债率 (%)	30.31	28.68	27.57	26.30
经营效率				
应收账款周转天数	124.76	100.00	90.00	80.00
存货周转天数	350.83	250.00	230.00	200.00
总资产周转率	0.40	0.46	0.52	0.58
每股指标 (元)				
每股收益	0.34	0.72	1.01	1.43
每股净资产	4.74	5.38	6.25	7.47
每股经营现金流	0.25	0.68	0.70	1.15
每股股利	0.01	0.15	0.21	0.29
估值分析				
PE	123	58	41	29
PB	8.8	7.8	6.7	5.6
EV/EBITDA	114.77	55.19	39.21	27.50
股息收益率 (%)	0.02	0.35	0.50	0.70

现金流量表 (百万元)	2022A	2023E	2024E	2025E
净利润	104	218	309	436
折旧和摊销	36	39	44	49
营运资金变动	-28	-11	-75	-66
经营活动现金流	60	163	168	276
资本开支	-31	-57	-60	-65
投资	-158	0	0	0
投资活动现金流	-186	-57	-60	-65
股权募资	0	0	0	0
债务募资	139	-56	0	0
筹资活动现金流	126	-63	-45	-60
现金净流量	0	43	63	151

插图目录

图 1: 公司发展重要里程碑	3
图 2: 奥普光电股权结构 (截至 2023Q1 末)	4
图 3: 2017-2022 公司营收及归母净利润情况	4
图 4: 2017-2022 公司费用率情况	4
图 5: 2017-2023Q1 公司毛利率和净利率情况	5
图 6: 2017-2023Q1 公司 ROE 和资产负债率情况	5
图 7: 公司主营业务构成情况	5
图 8: 公司分业务毛利率情况	5
图 9: 禹衡光学近六年营收变动情况	9
图 10: 禹衡光学近六年净利润变动情况	9
图 11: 2002-2021 全球机床生产总值	10
图 12: 2021 年中国机床消费占比全球约 34%	10
图 13: 机床行业有望进入国产替代新阶段	10
图 14: 中国数控机床市场规模	11
图 15: 2019 年中国数控机床市场占比情况	11
图 16: 中国数控机床主要问题分析	11
图 17: 数控机床核心零部件及成本拆分 (%)	12
图 18: 光栅编码器工作原理	13
图 19: 增量式和绝对式光栅尺对比	14
图 20: 增量式和绝对式码盘对比	14
图 21: 编码器在机械手臂及伺服电机中的应用	15
图 22: 编码器在机器人中的应用	15
图 23: 半闭环控位置反馈控制	15
图 24: 全闭环位置反馈装置	15
图 25: 显微镜下的硅晶圆	16
图 26: 空间光调制器 (SLM) 成像单元	17
图 27: 带 SLM 成像单元的并行光刻系统	17
图 28: 近场扫描光刻设备	18
图 29: 带蝴蝶结形孔的 NSOL 掩模 (底视图)	18
图 30: 单圈 (左) 和机械多圈 (右) 的构造	20
图 31: 长光宇航近四年营收情况	22
图 32: 长光宇航近四年净利润情况	22
图 33: 长光宇航所处产业链情况	24
图 34: 空客 A350 结构图	25
图 35: 波音 787 机型	25
图 36: 中国航空航天市场规模	26
图 37: 全球复合材料应用市场细分情况	26
图 40: GSENSE400BSI 芯片 QE 图	31
图 41: 长光辰芯 GSENSE 系列背照式芯片组合图	31
图 42: GCINE4349 图	32
图 43: 堆栈式与非堆栈式 CMOS 传感器	32
图 44: 长光辰芯近六年业绩情况	32
图 45: 全球及中国 CMOS 图像传感器市场规模预测	34
图 46: 2020 年全球 CIS 出货量排名	34
图 47: 2020 年全球 CIS 销售额排名	34
图 48: 中国 CMOS 传感器产业链	35
图 49: GL7008 线阵 CMOS 图像传感器	35
图 50: GL3516 线阵 CMOS 图像传感器	35

表格目录

盈利预测与财务指标	1
表 1: 奥普光电主营产品	6
表 2: 禹衡光学主要产品及应用领域	8
表 4: 长光宇航产品一览	23
表 5: 长光宇航前五大客户销售情况	24
表 6: 长光宇航主要竞争对手	27
表 7: 长光宇航主要产品优势	28
表 8: 长光辰芯产品一览	31
表 9: CCD 图像传感器与 CMOS 图像传感器特点对比	33
表 10: 奥普光电盈利预测 (百万元)	38
表 11: 奥普光电可比公司估值对比	39
公司财务报表数据预测汇总	41

分析师承诺

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

评级说明

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

免责声明

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。

民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路 8 号财富金融广场 1 幢 5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 18 层； 100005

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