

福晶科技(002222)

电子

发布时间: 2023-03-06

证券研究报告 / 公司深度报告

买入

## 福晶科技: 激光晶体领先, 光学元件升级

上次评级: 买入

### 报告摘要:

公司非线性光学晶体技术全球领先, 市占率达到 80%。公司非线性晶体主要有 LBO、BBO 和 KTP 三大品种。激光器在应用非线性光学晶体后, 由于非线性光学晶体对基频激光的倍频、混频作用, 可以产生多种波长的激光, 拓宽了激光的应用领域。公司非线性光学晶体得到广泛应用, 公司非线性光学晶体市占率达到 80%。

公司激光晶体新产品在光纤激光器得到应用。公司生产的磁光晶体 TSAG、TGG 在外加磁场作用下能呈现光学的各向异性, 主要应用于光隔离器的生产, 以保证激光器稳定工作、高效传输, 是应用在光纤激光器中的重要部件之一。

激光技术下游应用领域不断拓展, 公司核心产品业绩提升。固体和光纤激光器全球市场规模呈扩大态势, 其中通用制造业标准化程度高, 增长稳定。光纤激光器的定制化应用场景逐渐丰富, 随增材制造受到关注、智能驾驶向 L3+进阶, 3D 打印、车载激光雷达、激光医疗等新兴激光应用蓬勃发展, 行业增长空间广阔。

基于激光晶体加工技术, 公司光学元件步入精密化阶段。公司在激光晶体加工技术领先、设备先进, 为激光器公司配套生产光学元件。随光学元件技术进一步成熟, 公司光学元件营收不断增加, 在超精密化高端领域实现更广泛的应用, 有望成为公司未来的业务增长点。

**投资建议与评级:** 公司为全球领先的激光晶体公司, 拥有技术与设备的双重优势, 主要产品包括非线性光学晶体、激光晶体、激光器件、光学元件等。公司非线性光学晶体全球市占率达 80%, 利用现有技术优势不断开发激光晶体新产品, 并扩展到光学元件产品, 布局超精密化的高端应用领域。我们预计公司 2022-2024 年营业收入分别为 8.61/11.09/14.8 亿元, 归母净利润分别为 2.32/2.9/3.77 亿元, 参考可比公司锐科激光和帝尔激光 2023 年预期市盈率 32 倍、33.89 倍, 给予公司 35 倍 PE, 公司 2023 年合理估值为 101.5 亿元, 较当前市值 74 亿元有 36.6% 上涨空间, 给与公司“买入”评级。

**风险提示:** 公司产品销售不及预期, 导致利润下滑。

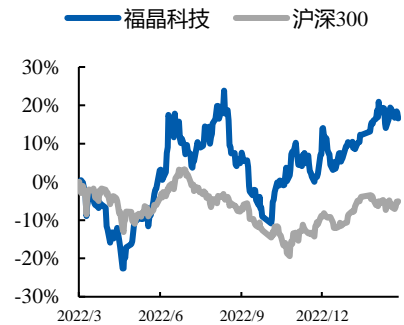
财务摘要 (百万元)	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E
营业收入	546	689	861	1,109	1,480
(+/-)%	9.04%	26.03%	25.06%	28.71%	33.55%
归属母公司净利润	144	191	232	290	377
(+/-)%	6.81%	33.19%	21.34%	24.80%	30.21%
每股收益 (元)	0.34	0.45	0.54	0.68	0.88
市盈率	40.97	42.29	31.96	25.61	19.67
市净率	5.50	6.63	5.35	4.65	3.96
净资产收益率 (%)	14.09%	16.73%	16.73%	18.14%	20.12%
股息收益率 (%)	0.58%	0.86%	0.86%	1.08%	1.35%
总股本 (百万股)	428	428	428	428	428

### 股票数据

2023/03/03

6 个月目标价 (元)	
收盘价 (元)	17.36
12 个月股价区间 (元)	11.64~18.44
总市值 (百万元)	7,421.40
总股本 (百万股)	428
A 股 (百万股)	428
B 股/H 股 (百万股)	0/0
日均成交量 (百万股)	7

### 历史收益率曲线



涨跌幅 (%)	1M	3M	12M
绝对收益	0%	14%	10%
相对收益	1%	7%	19%

### 相关报告

《有研粉材: 募投项目和增材子公司进入投产期, 公司未来可期》

--2022.12.15

《有研粉材: 锡粉、3D 打印材料销量增长, 公司发展前景广阔》

--2022.08.26

《安宁股份: 钛铁产业景气持续, 矿山龙头尽享资源优势》

--2021.06.15

### 证券分析师: 赵丽明

执业证书编号: S0550521100004

010-63210892

### 研究助理: 赵宇天

执业证书编号: S0550122020005

010-63210892

zhaoyt@nesc.cn

## 目录

1. 公司概况.....	4
2. 非线性光学晶体技术全球领先 .....	6
2.1 公司非线性光学晶体市占率高.....	6
2.2 固体激光器波长应用范围广泛.....	8
3. 公司多条业务线适配光纤激光器 .....	10
3.1 TGG、TSAG 应用于光隔离器 .....	10
3.2 Nd:YVO4 泵浦性能应用 .....	13
4. 光纤激光器下游规模稳步增长 .....	15
4.1 光纤激光器全球市场规模快速增长.....	15
4.2 通用制造及定制化市场促进下游需求.....	17
4.2.1 通用制造标准化程度高.....	17
4.2.2 3D 打印快速增长.....	18
4.2.3 激光雷达引领智能驾驶进阶.....	22
4.2.3.1 车载激光雷达推动 L3+ 级别智能驾驶.....	22
4.2.3.2 半导体、光纤激光器用于激光雷达.....	24
4.2.3.3 光纤激光雷达有望成为高端解决方案.....	26
4.2.3.4 1550nm 车载激光雷达落地.....	29
5. 光学元件步入精密化阶段 .....	32
6. 盈利预测.....	34
7. 风险提示.....	34

## 图表目录

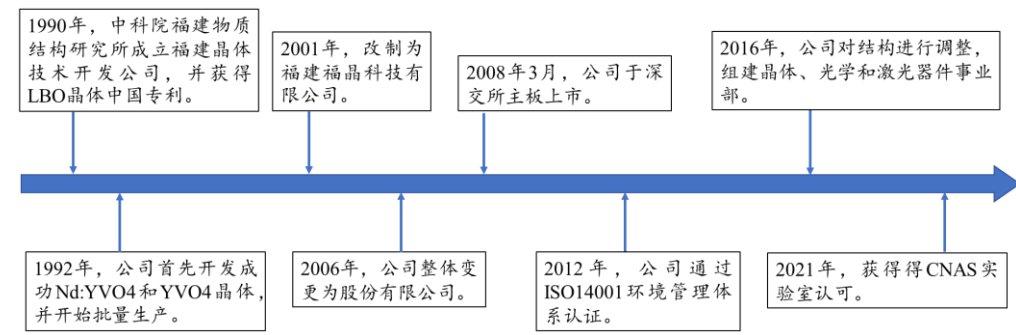
图 1: 福晶科技发展历程 .....	4
图 2: 福晶科技股权结构 .....	4
图 3: 2015-2022Q3 公司营业收入 (万元) .....	6
图 4: 2015-2022Q3 公司归母净利润 (万元) .....	6
图 5: 2022 中报公司主营业务收入构成.....	6
图 6: 2022 中报公司产品毛利构成.....	6
图 7: 固体激光器结构图 .....	9
图 8: 固体激光器应用领域 .....	10
图 9: 脉冲光纤激光器的结构以及隔离器的作用 .....	10
图 10: 光纤激光器光隔离器用 TGG 晶体、TSAG 晶体.....	11
图 11: 全球光隔离器市场规模 (单位: 百万美元) .....	12
图 12: 光纤激光器基本结构示意图 .....	14

图 13: 半导体泵浦激光器原理图 .....	14
图 14: 2017-2022 年全球工业激光器市场规模 .....	16
图 15: 2013-2022 年全球工业激光器结构占比统计 .....	16
图 16: 我国光纤激光器市场规模及同比 (亿元) .....	16
图 17: 连续光纤激光器成本构成 .....	16
图 18: 2020 年中国激光设备市场应用领域 .....	17
图 19: 2021 年 IPG 收入结构 (按应用划分) .....	17
图 20: 我国激光切割、焊接、打标设备市场规模 (亿元) .....	18
图 21: 我国激光焊接成套设备销量额 (亿元) .....	18
图 22: 2021 年中国 3D 打印应用领域格局图 (%) .....	20
图 23: 2015-2021 全球 3D 打印产业规模及同比 .....	21
图 24: 2017-2024E 中国 3D 打印产业规模及同比 .....	21
图 25: 2021 中国 3D 打印细分产业市场份额 .....	22
图 26: 各类 3D 打印企业价值占比 .....	22
图 27: TOF 激光雷达工作原理 .....	22
图 28: 车载智能传感器对比 .....	23
图 29: 2022 我国毫米波雷达与激光雷达市场规模占比 .....	24
图 30: 不同分类标准下激光雷达的种类 .....	25
图 31: 激光雷达按扫描方式分类及代表性品牌 .....	25
图 32: 2020-2025 年中国乘用车辅助驾驶系统占比情况 .....	31
图 33: 各大主机厂自动驾驶级别规划时间表 .....	31
图 34: 2015-2022Q2 公司光学元件收入 .....	33
图 35: 2015-2022Q2 光学元件毛利、毛利率 .....	33
表 1: 福晶科技主要产品及用途 .....	5
表 2: 我国非线性光学晶体主要产品种类 .....	7
表 3: LBO、BBO、KTP 晶体性能参数对比 .....	8
表 4: 不同分类标准下的激光器种类 .....	9
表 5: TGG 与 TSAG 晶体性能与优缺点比较 .....	12
表 6: 福晶科技光纤激光器用激光器件 .....	13
表 7: Nd:YVO4 与 Nd:YAG 光特性比较 .....	14
表 8: Nd:YVO4 与 Nd:YAG 激光泵浦二极管的输出功率比较 .....	14
表 9: 不同激光器的应用领域比较 .....	15
表 10: 光纤激光器与气体激光器比较 .....	15
表 11: 激光器下游应用分类示意图 .....	17
表 12: 3D 打印技术分类 (按物料形态及成型原理) .....	19
表 13: 3D 打印技术以及对应激光器应用情况 .....	20
表 14: 车载雷达三大技术方向对比 .....	24
表 15: 半导体激光器: EEL 与 VCSEL 性能对比 .....	26
表 16: 905nm 与 1550nm 波长激光雷达性能对比 .....	28
表 17: 激光雷达应用需求与激光器选择对照 .....	28
表 18: 激光雷达市场格局 .....	29
表 19: 激光雷达市场格局 .....	30
表 20: 福晶科技主要光学元件产品 .....	33
表 21: 福晶科技盈利预测 .....	34

## 1. 公司概况

公司原为福建晶体技术开发公司，于 1990 年由中科院福建物质结构研究所成立，并获得 LBO 晶体的中国专利。1992 年，公司首先开发成功 Nd:YVO4 和 YVO4 晶体，并开始批量生产。2001 年，公司改制为福建福晶科技有限公司，并于 2006 年整体变更为股份有限公司。2008 年 3 月，公司于深交所主板上市。2016 年，对机构进行调整，组建晶体、光学和激光器件事业部，并于 2019、2020、2021 年分别获 ISO45001 职业健康与安全管理体系、IATF16949 汽车质量管理体系与 CNAS 实验室认证。

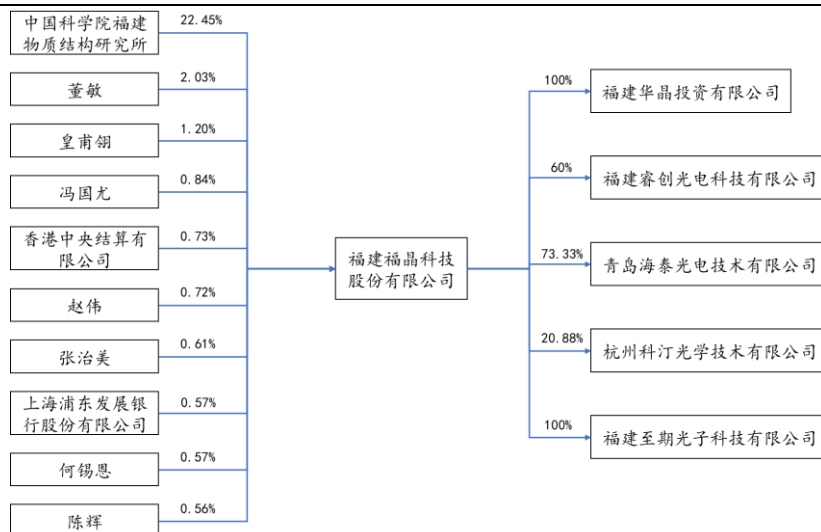
图 1：福晶科技发展历程



数据来源：公司官网，招股说明书，东北证券

截至 2022 年 9 月 30 日，福晶科技总股本 42750 万股，其中流通股 42368.494 万股，占比 99.11%；高管股 190.753 万股，占比 0.45%；有限售条件的股本为 190.753 万股，占比 0.45%。公司前十大股东合计持股比例为 28.34%。中国科学院福建结构物质研究所为公司实际控制人，持股 22.45%。此外，董敏持股 2.03%，皇甫翎持股 1.2%。福晶科技全资控股参股公司包括华晶投资、睿创光电、海泰光电等，新设子公司福建至期光子科技有限公司于 2022 年 12 月 19 日完成工商注册登记。

图 2：福晶科技股权结构



数据来源：Wind，东北证券

公司的主营业务属于光电子产业中的信息功能材料行业，为非线性光学晶体、激光晶体、精密光学元件和激光器件的研发、生产和销售，产品广泛应用于激光、光通讯、半导体、AR/VR、生命科学、无人驾驶、检测分析仪器等诸多工业领域。作为福建省高新技术企业之一，公司现已成为全球知名的 LBO 晶体、BBO 晶体、Nd:YVO4 晶体、磁光晶体、精密及超精密光学元件、高功率光隔离器、声光及电光器件的龙头厂商。技术方面，公司发展了熔盐法、提拉法、水溶液法、坩埚下降法等多种晶体生长技术；拥有全息光栅、非球面数控研磨抛光、离子束抛光、磁流变抛光、大型双抛、大型环抛等多条先进的超精密光学产线；以及 IAD、IBS、MS、EB 等各类镀膜工艺，对不同细分市场的应用需求均有优异的适配性。公司的检测技术和设备也处于业界领先地位，拥有 Zygo 干涉仪、PE 分光光度计、Trioptics 中心仪等多台检测仪器。

公司为激光器厂商提供关键元器件，主要产品和业务均处于激光产业链的上游，包括光学材料和光学元器件等各类核心部件。公司产品按形态可划分为晶体元器件、精密光学元件和激光器件三大类，其中晶体元器件主要包括非线性光学晶体、激光晶体、磁光晶体等，核心产品处于行业领先地位。

**表 1：福晶科技主要产品及用途**

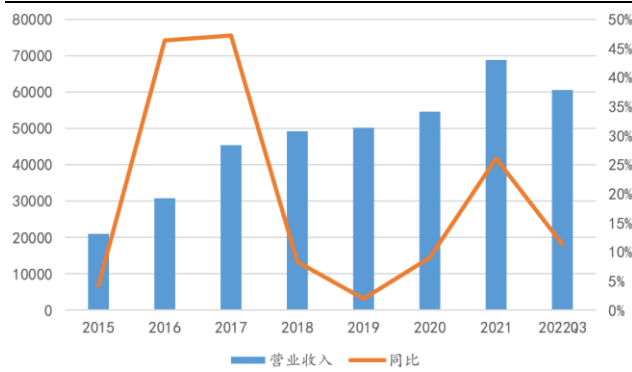
类别	产品	图示	说明	用途
晶体元器件	非线性光学晶体、激光晶体、磁光晶体、双折射晶体、声光和电光晶体、闪烁晶体等		<p>公司是全球最大的 LBO、BBO 晶体及其元器件的生产企业、全球重要的 Nd:YVO4 晶体供应商；下属于子公司海泰光电是国内最大的 KTP 晶体生产商。公司亦为全球最大的 Nd:YVO4 + KTP 胶合晶体生产商。</p>	<p><b>主要用途：</b>作为固体激光器的工作物质、非线性频率转换、磁光材料、电光材料等</p> <p><b>主要细分应用市场：</b>固体激光器、光纤激光器等</p>
精密光学元件	非球面透镜、球面透镜、柱面透镜、反射镜、窗口片、棱镜、波片、偏振镜、分光镜、光栅等		<p>公司精密光学元件产品业务规模不断扩大，并积极布局新兴市场高端光学元件领域。</p>	<p><b>主要用途：</b>应用于激光器谐振腔、垂直聚焦、光路传输、光束整形、偏振转换、分光合束</p> <p><b>主要细分应用市场：</b>固体激光器、光纤激光器、光通讯、AR/VR、激光雷达、半导体设备</p>
激光器件	磁光/声光/电光器件、驱动器、光弹调制器、光纤传输类器件、光学系统、光学镜头等		<p>自主研发的声光、磁光器件等产品已获得紫外激光器、光纤激光器、超快激光器客户的认可并批量供应，部分器件类产品打破国外厂商垄断局面并实现国产替代，成为国内激光器件主流供应商之一。</p>	<p><b>主要用途：</b>应用于光纤与固体激光器的声光调制器、电光调制器、Q 开关、隔离器等</p> <p><b>主要细分应用市场：</b>固体激光器、光纤激光器、光通讯</p>

数据来源：公司官网，HTI，东北证券

2015 年以来，公司营业收入不断上升，归母净利润亦呈现总体增长趋势。2016 年至 2017 年，公司进入加速成长期，营收连续两年实现近 50% 增长，主因固体紫外激光器在印制电路板、消费电子中脆性材料加工等应用领域的迅速扩展带动了对晶体元器件的需求。近年来，受益激光器产业的快速增长与下游应用的不断拓宽，公司精密光学元件、激光器件、激光晶体元器件等产品迎来快速增长，2021 年实现营业收入 6.89 亿元，较 2020 年增加 1.42 亿元，同比增长 26.03%；实现归母净

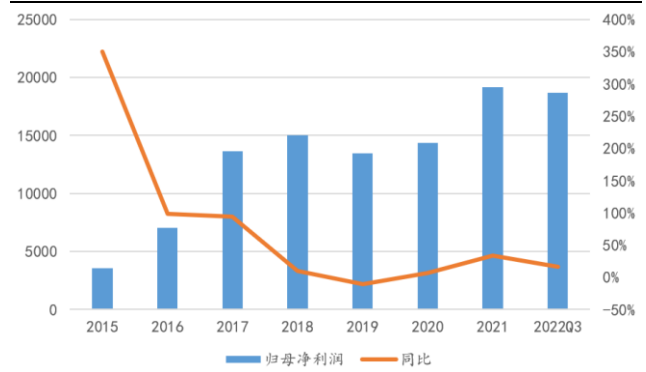
利润 1.91 亿元，同比增长 33.19%。2022 年三季度，公司实现营业收入与归母净利润 6.06 亿元、1.87 亿元，同比增长 11.25%、16.35%，主要得益于海外市场的增长、产品结构的进一步优化和改善。

图 3：2015-2022Q3 公司营业收入（万元）



数据来源：Wind，东北证券

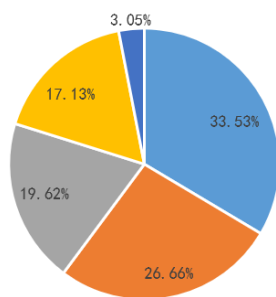
图 4：2015-2022Q3 公司归母净利润（万元）



数据来源：Wind，东北证券

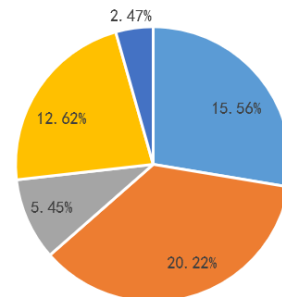
公司的主要产品为非线性光学元器件、激光晶体元器件、激光光学元件及激光器件等。2022 上半年，公司非线性光学晶体、激光晶体、激光器件与激光光学元件销售收入分别占公司总营业收入的 26.66%、17.13%、19.62%与 33.53%，其中非线性光学晶体与激光晶体共同实现收入 1.72 亿元，占全部主营业务收入比例为 43.80%。从产品结构来看，非线性光学晶体毛利率稳定在 75%左右，为公司毛利最高的产品，近年来收入规模、增速均趋于稳定。公司激光晶体营业收入逐年增加，2022 年中收入同比增长 28.37%。除受整体激光器产业的景气度提振外，公司控股子公司海泰光电在光电医美领域取得重大突破，激光脱毛仪的销量增长导致海泰光电的盈利能力快速提升，从而带来激光晶体部分收入的增长。此外，公司光学元件业务规模不断扩大，并积极布局新兴高端市场领域，2022 上半年，实现同比 21.73%的收入增长。

图 5：2022 中报公司主营业务收入构成



数据来源：Wind，东北证券

图 6：2022 中报公司产品毛利构成



数据来源：Wind，东北证券







## 2. 非线性光学晶体技术全球领先

### 2.1 公司非线性光学晶体市占率高

非线性光学晶体（NLO 晶体）是重要的光电信息功能材料之一，是指在强光作用下能产生非线性光学效应的晶体。作为激光技术的重要物质基础，非线性光学晶体是激光器的关键材料之一，其主要功能是对激光波长进行变频，从而拓展激光

器可调谐范围。非线性光学晶体产品种类繁多，且伴随着新产品的不断问世，技术仍处于不断发展突破的阶段。目前我国非线性光学晶体的主要产品种类包括铌酸锂晶体（LN 晶体）、磷酸氧钛钾晶体（KTP 晶体）、磷酸二氢钾晶体（KDP 晶体）、铯酸钾晶体（KN 晶体）、偏硼酸钡晶体（BBO 晶体）、三硼酸锂晶体（LBO 晶体）等。

表 2：我国非线性光学晶体主要产品种类

种类名称	图片	特点
铌酸锂晶体 (LN 晶体)		非线性较强，具有 420nm 至 5.2 $\mu$ m 的宽透明范围，并具有出色的非线性，电光和压电特性，主要应用于 >1 $\mu$ m 波长的非线性频率转换以及电光调制器。
磷酸氧钛钾晶体 (KTP 晶体)		高非线性，高机械稳定性，高光学质量以及 350nm-4.5 $\mu$ m 的透明范围，适合于周期性极化，掺钛激光器的中低功率倍频，非线性 OPO 介质。广泛应用于商业和军用激光中，包括实验室，医学系统，射程探测器，激光雷达，光通信和工业激光系统。
磷酸二氢钾晶体 (KDP 晶体)		具有优异的紫外线透射率，高激光损伤阈值，非线性相对较低，可以大尺寸生长，高吸湿性，掺钛激光器的倍频器，三倍频器和四倍频器；钛：蓝宝石，翠绿宝石，钽掺杂激光器的 Q 开关。
铯酸钾晶体 (KN 晶体)		很高的非线性，透明范围宽 (0.4~5mm)，不受光折射效应影响，电光学和非线性光学，激光二极管的光折变应用，近红外中的动态全息和光学相位共轭光波导，光学二次谐波产生 (SHG)，倍频器。
偏硼酸钡晶体 (BBO 晶体)		具有较大的非线性系数，具有很高的光损伤阈值，从紫外到中红外范围内的非线性频率转换性能非常好。目前已被应用于将频率倍频到蓝光频段及钛蓝宝石激光的倍频中。
三硼酸锂晶体 (LBO 晶体)		是一种性能优良的非线性光学晶体，具有紫外透光性好，光学损伤阈值较高和非线性系数适中特点。该晶体化学性能稳定，机械硬度高，不潮解，对于某些非线性光学加工极具吸引力。其双折射小于 BBO 晶体，所以可有助于限制相位匹配的光谱范围，但是也会在可见光和近红外光的频率转换应用中导致产生非临界相位匹配和大的接收角。

数据来源：公开资料，观研天下，东北证券

从全球范围来看，当前美国、日本、中国等国家是非线性光学晶体的主要生产国，我国在全球非线性光学晶体市场中竞争力较强，特别是在可见、紫外波段非线性晶体的研究方面一直处于领先水平。现阶段，国外已有的所有晶体生长方法我国均有，且几乎所有重要的非线性光学晶体都已研发出来。公司凭借技术集成优势等，是我国非线性光学晶体行业中的最大的企业，并已经成为全球知名的非线性光学晶体供应商，其代表性的非线性光学晶体主要有 LBO、BBO 和 KTP 三大品种。

LBO 晶体（三硼酸锂）与 BBO 晶体（低温相偏硼酸钡）均为由中国科学院物质结构研究所于 80 年代发明的非线性光学晶体。其中 LBO 晶体具有透光范围宽、离断角小、损伤阈值高、接受角宽等特点，在医用与工业用途的 Nd:YAG 激光、科研与军事用途的高功率 Nd:YAG 与 Nd:YLF 激光、泵浦源等方面均有广泛应用。BBO 晶体作为一种紫外倍频晶体，具有较大的相位匹配范围以及较宽的透过波段，倍频转换效率比较高，并具有很高的激光损伤阈值，被公认为目前世界上最优秀的二阶非线性光学晶体，用于众多非线性参量的应用。此外，KTP 晶体具有优良的非线性光学性能及电光性、优异的机械性能、化学稳定性和高的抗光损伤阈值，已作为一种商业化的晶体广泛应用于中低功率密度的固体激光器、和（差）频、光参量振荡和放大等领域。利用 KTP 进行腔内与腔外倍频的掺 Nd 晶体的激光器，在逐步取代可见光染料激光和可调蓝宝石激光器。在许多的工业研究中，该种激光器被广泛用做绿光光源。

**表 3: LBO、BBO、KTP 晶体性能参数对比**

特性	LBO 晶体	BBO 晶体	KTP 晶体
晶体结构	斜方晶系，空间群 Pna21，点群 mm2	三方晶系，空间群 R3c	斜方晶系，空间群 Pna21，点群 mm2
晶格参数	a=8.4473Å, b=7.3788Å, c=5.1395Å, Z=2	a=b=12.532Å, c=12.717Å, Z=6	a=6.404Å, b=10.616Å, c=12.814Å, Z=8
熔点	约 834°C	约 1095°C	约 1172°C
莫氏硬度	6	4	5
密度	2.47g/cm <sup>3</sup>	3.85 g/cm <sup>3</sup>	3.01 g/cm <sup>3</sup>
热膨胀系数	a <sub>x</sub> =10.8x10 <sup>-5</sup> /K, a <sub>y</sub> =-8.8x10 <sup>-5</sup> /K, a <sub>z</sub> =3.4x10 <sup>-5</sup> /K	a <sub>11</sub> =4 x 10 <sup>-6</sup> /K, a <sub>33</sub> =36x 10 <sup>-6</sup> /K	a <sub>x</sub> =11x10 <sup>-6</sup> /°C, a <sub>y</sub> =9x10 <sup>-6</sup> /°C, a <sub>z</sub> =0.6x10 <sup>-6</sup> /°C
吸收系数	<0.1%/cm at 1064nm	<0.1%/cm at 1064nm	<0.1%/cm at 1064nm <1%/cm at 532nm

数据来源：公开资料，观研天下，东北证券

公司是全球最大的 LBO、BBO 晶体及其元器件的生产商，其 LBO 和 BBO 晶体市占率稳居全球第一，2021 年全球市占率约为 80% 左右。公司及其控股子公司海泰光电亦为全球较大的 KTP 晶体、Nd:YVO4+KTP 胶合晶体制造商。

## 2.2 固体激光器波长应用范围广泛

激光器作为产生、输出激光的设备，是激光及技术应用的基础，亦是公司产品最主要的应用领域之一。它主要由泵浦源（激励能源）、激光工作物质和光学谐振腔等三部分组成。泵浦源为工作物质提供能量、产生激光，主要种类有光能源、电能源等，如泵浦灯、激光二极管（LD）；激光工作物质则是能够产生受激辐射的物质，是激光器的核心，如激光晶体、半导体、二氧化碳、液体等；而光学谐振腔由腔镜等激光光学镜片组成，能使受激辐射的光在光学谐振腔内多次往返、维持振荡，并最终实现激光输出。根据增益介质的不同，激光器可分为固体激光器、光纤激光器、气体激光器、染料激光器、半导体激光器和准分子激光器等。此外，激光器也可按照输出波形、输出波长以及功率的大小等标准分类。



**表 4：不同分类标准下的激光器种类**

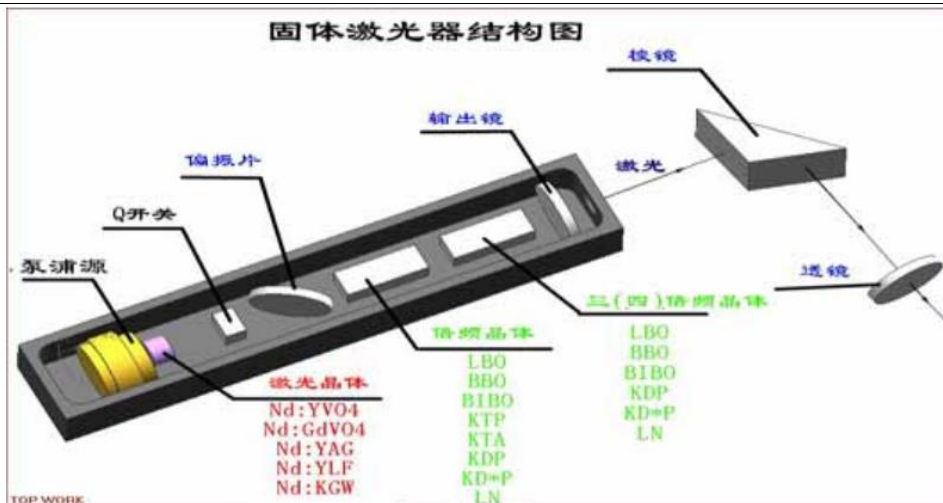
增益介质	输出波形	输出波长	功率
固体激光器	连续激光器	X 激光器	高功率 (>1500W)
光纤激光器	准连续激光器	紫外激光器	中功率 (100-
气体激光器	脉冲激光器	可见光激光器	1500W)
染料激光器	(毫秒、纳秒、皮	红外激光器	低功率 (<100W)
半导体激光器	秒、飞秒)		
准分子激光器			

数据来源：公司官网，东北证券

非线性光学晶体 LBO、BBO 及 KTP 主要作为倍频晶体用于固体激光器的生产。固体激光器是以激光晶体等固体材料作为激光工作物质的激光器，具有激光质量稳定、峰值功率高、结构紧凑、运转可靠、使用方便等优点，被广泛应用于工业、农业、医疗、科学研究等各领域。固体激光器的泵浦源主要有灯泵浦、半导体激光器泵浦等方式；其中，以半导体激光器（激光二极管）作为泵浦源的固体激光器，称为全固态激光器。相对于一般固体激光器而言，全固态激光器具有体积小、重量轻、效率高、性能稳定、可靠性好和寿命长等优点，是固体激光器中发展速度较快的产品。

LBO、BBO 等晶体的非线性光学效应通过“变频”丰富了激光波长范围，有效拓宽了激光器的应用领域。由于激光器具有固定的工作波长，且激光工作物质种类有限，因此仅应用激光晶体元器件的激光器产生的激光，即基频激光，应用领域十分受限。然而，在应用非线性光学晶体后，非线性光学晶体对基频激光的倍频、混频作用可以使激光器得以发射多种波长的激光，丰富了激光的波长，从而满足了人类对多种波长激光的需求，拓宽了应用领域。非线性光学晶体也因此而具有较大的商业价值。

**图 7：固体激光器结构图**

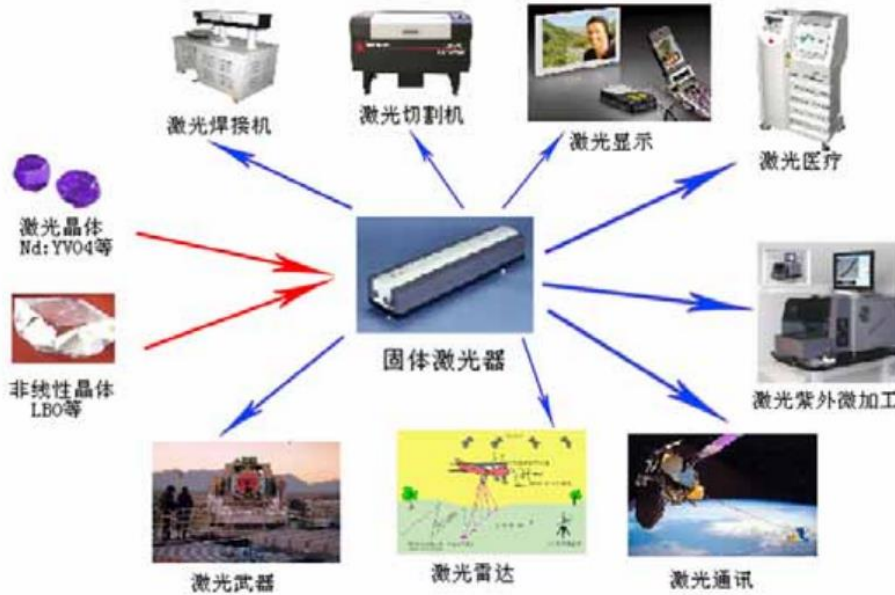


数据来源：公司招股说明书，东北证券

以增益介质作为分类标准，使用 LBO、BBO、KTP 等非线性晶体的激光器均属于固体激光器范畴。固体激光器因其峰值功率高、脉冲能量大、并能够通过非线性晶体将泵浦发出的红外光转换为绿光、紫外光、及深紫外光等多种短波长激光输出等优点，在军事、加工、医疗和科学研究领域均有广泛的用途。工业中，固体激光器作为改造传统技术的重要途径，广泛应用于切割、打标、焊接、微加工等激光加工领域；在医疗领域，固体激光治疗仪已广泛应用于几乎所有医学专科；

在科研领域，则广泛应用于激光等离子体、激光分离同位素、化学动力学等方面。以大功率半导体激光器（LD）为泵浦源的蓝、绿全固态激光器，正在逐步取代部分传统的气体激光器。

图 8：固体激光器应用领域



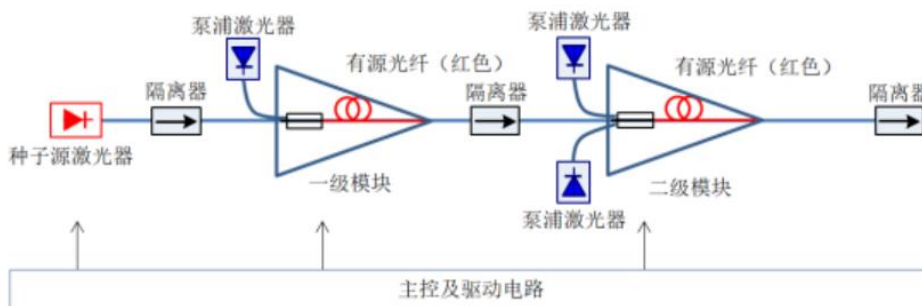
数据来源：公司招股说明书，东北证券

### 3. 公司多条业务线适配光纤激光器

#### 3.1 TGG、TSAG 应用于光隔离器

公司生产的磁光晶体包括 TSAG 晶体、TGG 晶体两种，主要应用于光隔离器的生产，是光纤激光器的关键材料。作为光通信网络中的重要元器件之一，光隔离器是一种无源光器件，利用法拉第旋转的非互易性原理制造而成，可以让激光只沿着一个方向发出，阻挡激光从相反方向通过。光的照射范围广、且会产生反射光，在激光器中，激光如果不按照既定方向发射，发射范围过宽，传输效果将会降低，并且，反射的激光会对激光器中的其他元器件造成损坏，将会导致激光器无法稳定工作。因此，在光纤激光器中，光隔离器起到避免光路中的回波对光源、泵浦源以及其他发光器件造成干扰和损坏、保证激光器稳定工作、高效传输的作用，是应用在光纤激光器中的重要部件之一。

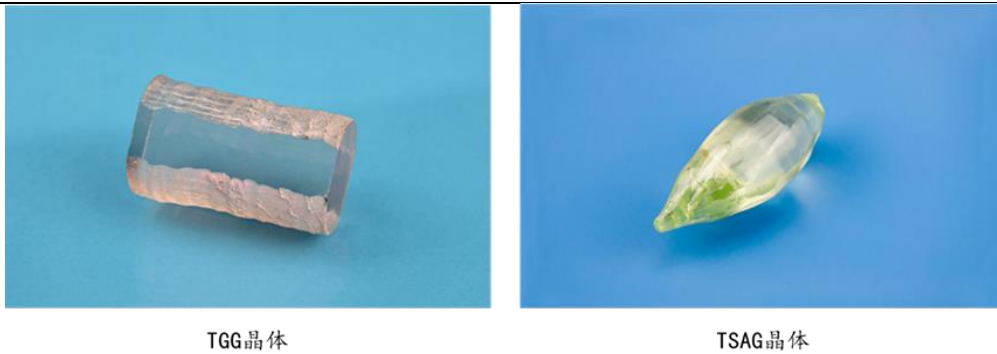
图 9：脉冲光纤激光器的结构以及隔离器的作用



数据来源：维科网激光，东北证券

磁光晶体具有磁光效应，在外加磁场作用下能呈现光学的各向异性，被用于制作法拉第旋光器与隔离器。TGG 晶体具有大的磁光常数、低的光损失、高热导性和高激光损伤阈值，广泛应用于 YAG、掺钛蓝宝石等多级放大、环型、种子注入激光器中，也用于制作法拉第旋光器与隔离器的磁光材料，适用波长 400-1100nm（不包括 470nm-500nm）。而 TSAG 晶体是可见光和红外波段的理想磁光晶体，具有维尔德常数大，化学、光特性极佳的优点，适合高功率应用，主要用于 400-1600nm 的波长范围。公司 TSAG 晶体产品获得“维科杯·OFweek2020 年度激光行业激光元件、配件及组件技术创新奖”，并成功推向市场。

图 10：光纤激光器光隔离器用 TGG 晶体、TSAG 晶体



数据来源：维科网激光，东北证券

相比于 TGG，TSAG 具有更高的维尔德常数，具有较为优异的磁光性能、高激光损伤阈值、低吸收损耗以及容易制备等优点，且可使隔离器更加小巧便捷，是高功率下光隔离器的理想材料。目前，TGG 晶体（铽镓石榴石）是光隔离器中最常用的磁光材料。随着光纤激光器技术不断进步，对光隔离器的性能要求不断提高，磁光材料的各项性能参数要求随之不断提升，TGG 晶体逐渐无法满足需求，且具有生长过程中氧化镓挥发分解、晶体螺旋生长、组分一致性差等问题，大尺寸、高均匀性生长方面还存在较大的困难，并且具有较高的光学吸收损耗，在高功率激光应用方面遇到瓶颈。相比之下，性能更优的 TSAG 晶体因此被称为“下一代光纤激光器的关键材料”，但由于该晶体存在原料成本高、应力大易开裂、大尺寸单晶生长困难等问题，从而限制了其应用领域。随着下游光通信等领域对激光器的要求向超高频、超高速、超大容量方向发展，TSAG 未来应用比例有望持续提升。

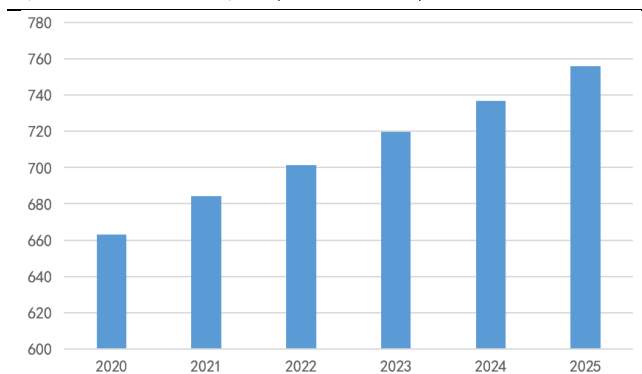
表 5: TGG 与 TSAG 晶体性能与优缺点比较

	TGG	TSAG
分子式	Tb3Ga5O12	Tb3Sc2Al3O12
晶格参数	a = 12.355A	a = 12.3A
生长方式	提拉法	提拉法
密度	7.13g/cm <sup>3</sup>	5.91g/cm <sup>3</sup>
硬度	8.0	-
熔点	1725°C	1970±10°C
折射率	1.954 at 1064 nm	218/152/65 at 532nm/633nm/1064nm
维尔德常数	40rad/T/m at 1064nm	48rad/T/m at 1064nm
吸收	约比 TSAG 高 42%	<3000ppm/cm at 1064nm
应用波长范围	400-1100nm (不包括 470nm-500nm)	400-1600nm
优点	磁光常数大、高热导性和高激光损伤阈值	维尔德常数大, 化学、光特性极佳, 较为优异的磁光性能、高激光损伤阈值、低吸收损耗以及容易制备, 可使隔离器更加小巧便捷
缺点	生长过程中氧化镱挥发分解、晶体螺旋生长、组分一致性差, 大尺寸、高均匀性生长方面存在较大困难, 具有较高的光学吸收损耗, 在高功率激光应用方面遇到瓶颈	原料成本高、应力大易开裂、大尺寸单晶生长困难等

数据来源: 公司官网, 发光学报, 东北证券

光通信器件市场中, 光有源器件占据大部分的市场份额, 占比约为 83%, 光无源器件市场份额占比约为 17%。光隔离器的主要应用领域包括光纤激光器、光纤放大器、光纤 CATV、相干光通信等。2020 年, 全球光隔离器市场规模约 6.63 亿美元, 且在不断扩大, 预计 2025 年接近 7.6 亿美元, 其中光纤激光器是其重要下游市场。2021 年, 中国磁光隔离器市场需求超过 5000 万只, 行业内 TOP4 企业占据超七成份额, 市场集中度相对较高。

图 11: 全球光隔离器市场规模 (单位: 百万美元)



数据来源: RESEARCH AND MARKETS, 东北证券

除用于生产光隔离器的 TGG、TSAG 两种磁光晶体外, 公司也主要为光纤激光器提供激光器件, 如隔离器、调制器、偏转器等。隔离器主要用于光纤激光器中保持光学系统的稳定性, 防止激光散射导致功率流失以及损坏器件; 调制器可用于动态控制光的强度; 偏转器可用于控制光线在介质中偏转的角度, 从而控制光线角度。

表 6：福晶科技光纤激光器用激光器件

光纤激光器用激光器件	产品图片	介绍	作用	应用领域
光纤耦合型声光调制器		基于体波声光互作用原理，同时具备光脉冲幅度调制和光频移的能力，调制器调制速度的快慢决定了系统的响应速度相比自由空间型的声光器件，具有使用方便，易于集成，可靠性高等优势	用于动态控制光的强度	光纤传感系统 光纤激光器 激光打标 光刻 材料加工 医疗手术 微加工
可调谐滤波器		一种波长选择器件，具有调谐范围宽、带宽窄、插入损耗小、稳定性高等特点	用于选择光纤激光器的不同波长	光纤激光 光纤传感 ASE 光谱控制 光纤光栅应用
自由空间型隔离器		可分为偏振相关型和偏振无关型两大类；福晶科技采用高品质的磁光晶体，具有低吸收、高消光比、低损耗等特点	有效保持光学系统的稳定性	激光精密加工 激光传感系统 超快激光系统 OCT 系统 激光检测
光纤-自由空间型隔离器		可分为扩束型隔离器和非扩束型隔离器两大类：前者主要由准直器、双折射晶体、法拉第旋转器、波片（光学旋转镜）和扩束镜组成；后者主要由双折射晶体、法拉第旋转器、半波片（或偏振器）和准直器组成	有效保持光学系统的稳定性	光纤激光器 光纤传感器 激光加工设备

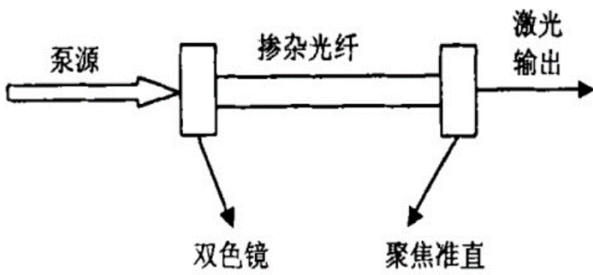
数据来源：公司官网，发光学报，东北证券

### 3.2 Nd:YVO4 泵浦性能应用

光纤激光器的结构类似于传统的固体激光器、气体激光器，主要由泵浦源、增益介质、谐振腔三大部分构成。其中，泵浦源一般为高功率的半导体激光器，增益介质为掺稀土元素的玻璃光纤，谐振腔由耦合器或光纤光栅等构成。由泵浦源发出的泵浦光通过一面反射镜耦合进入增益介质中，随之被稀土元素光纤的增益介质吸收。吸收了光子能量的稀土离子发生能级跃迁并实现粒子数反转，反转后的粒子经过谐振腔，由激发态跃迁回基态，释放能量，并形成稳定的激光输出。

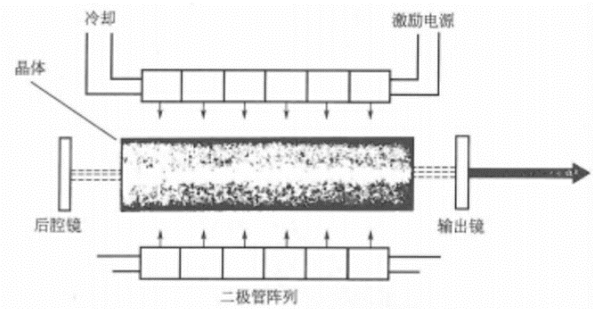
最常用的光纤激光器泵浦为半导体激光器，又称激光二极管（半导体泵浦固体激光器），是用半导体材料作为工作物质的激光器。公司生产的激光晶体之一：掺钕钒酸钇（Nd:YVO4）晶体作为一种性能优良的激光晶体，适于制造激光二极管泵浦特别是中低功率的激光器。Nd:YVO4 晶体与 KTP 等非线性光学晶体配合使用，能够达到较好的倍频转换效率。公司的另一种相似产品：掺钕钇铝石榴石（Nd:YAG）晶体是最早和最著名的激光晶体，具有高增益、低激光阈值、高效率等优点，是使用最广泛的固态激光材料，应用于材料加工、焊接、切割及激光医学系统等。因此，公司生产的产品可通过制造半导体泵浦，从而间接应用于光纤激光器的生产。

图 12: 光纤激光器基本结构示意图



数据来源: 公开资料, 东北证券

图 13: 半导体泵浦激光器原理图



数据来源: 中国知网, 东北证券

在吸收系数方面, Nd:YVO4 最大的优势在于更宽的吸收带宽范围内, 具有比 Nd:YAG 高 5 倍的吸收效率, 且能够达到当前高功率激光二极管的标准。这意味着激光器生产商可以利用更小的晶体来制造体积更小的激光器, 同时激光二极管可以用较小功率输出特定的能量, 从而延长使用寿命。除了较高的泵浦效率外, Nd:YVO4 晶体在二极管的规格上提供了更大的选择空间, 将为激光器生产商节省更多的制造成本。另外, Nd:YVO4 在 1064nm 和 1342nm 波长处具有较大的受激发射截面, 因此连续输出效率要大大超过 Nd:YAG, 这使得 Nd:YVO4 激光的两个波长都可以更容易保持较强的单线激发。

表 7: Nd:YVO4 与 Nd:YAG 光特性比较

晶体	掺杂 (atm%)	受激发射截面 $\sigma (*10^{-19}cm^2)$	吸收系数 $\alpha (/cm)$	荧光寿命 $\tau (\mu s)$	吸收长度 $L\alpha (mm)$	阈值功率 $P_{th} (mW)$	泵浦量子效率 $\eta_s (%)$
Nd:YVO4 (a-cut)	1.0	25	31.2	90	0.32	30	52
	2.0	25	72.4	50	0.14	78	48.6
Nd:YVO4 (c-cut)	1.1	7	9.2	90	/	231	45.5
Nd:YAG	0.85	6	7.1	230	1.41	115	38.6

数据来源: 公司官网, 东北证券

目前, Nd:YVO4 激光器已在机械、材料加工、波谱学、晶片检验、显示器、医学检测、激光印刷、数据存储等多个领域得到广泛的应用; 同时 Nd:YVO4 二极管泵浦固态激光器正在迅速取代传统的水冷离子激光器和灯泵浦激光器的市场。此外, 激光二极管泵浦的 Nd:YVO4 晶体与 LBO、BBO、KTP 等非线性光学晶体配合使用, 能够达到较好的倍频转换效率。

表 8: Nd:YVO4 与 Nd:YAG 激光泵浦二极管的输出功率比较

晶体	尺寸 (mm <sup>3</sup> )	泵浦功率	输出 (1064nm)
Nd:YVO4	3*3*1	850mW	350mW
Nd:YVO4	3*3*5	15W	6W
Nd:YAG	3*3*2	850mW	34mW

数据来源: 公司官网, 东北证券

## 4. 光纤激光器下游规模稳步增长

### 4.1 光纤激光器全球市场规模快速增长

根据工作物质的不同，激光器可被分为主要四大类：固体激光器、光纤激光器、气体激光器和半导体激光器。其中固体激光器用途比较广泛，在医学、生物学、化学等领域均有需求，也可用于激光切割、焊接、钻孔等工业应用。光纤激光器在工业加工领域中主要用于材料切割，光通信、传感、军事领域等也有涉及。气体激光器主要在工业加工中起到切割材料的作用。半导体激光器在各类激光器中具有最佳的光电转换效率（工业用可达 45%，实验室已达到 70%），然而相对于光纤激光器，其光束质量稍差，所以很少用于切割，唯一能够做切割应用的半导体激光器厂商是美国的 Teradiode，已被松下收购。半导体激光器应用最广泛的是打标、金属的焊接、熔覆、硬化，以及塑料焊接等应用。在材料切割的工业领域中，光纤激光器与气体激光器的使用较为广泛，但二者的适用范围不同，不能相互替代，而是共同存在。此外，光纤激光器与气体激光器在材料成本、电力消耗、产生热量、切割速度等方面也有其他差别。

**表 9：不同激光器的应用领域比较**

激光器种类	增益介质	应用领域	适用范围
固体激光器	固体	医学、生物学、化学	医学手术使用的成像技术、显微系统、微型手术等；生物涉及的光遗传学、基因测序等；化学领域的细胞分析仪等
		工业	激光切割、激光焊接、激光钻孔等
光纤激光器	光纤	工业加工（切割）	标刻应用、材料处理、材料弯曲、激光切割等 不能切割木材，塑料等非金属，如汽车内饰，家具；也不能切割表面有覆盖层的金属，如不锈钢、特种钢板等
		光通信、传感、军事、医疗等	包括激光光纤通讯、激光空间远距通讯、工业造船、汽车制造、军事国防安全、医疗器械仪器设备、大型基础建设，作为其他激光器的泵浦源等
气体激光器	气体	工业加工（切割）	不能切割高反射性材料，如铜材、铝合金
		光电子领域	光纤通信、光盘存取、光谱分析、光信息处理、激光报警器、激光打印机、激光条码扫描器、高清晰激光电视
半导体激光器	半导体材料	材料加工	光纤激光器和固体激光器的泵浦源（最大应用）、激光熔覆、塑料焊接、激光锡焊
		军事	小功率的半导体激光器由于自身体积小，寿命长且易于调制的特点，被广泛应用于激光制导和激光测距等领域；大功率激光器可用于激光雷达和激光模拟以及深海光通信

数据来源：光电子博览会、维科网激光，东北证券

**表 10：光纤激光器与气体激光器比较**

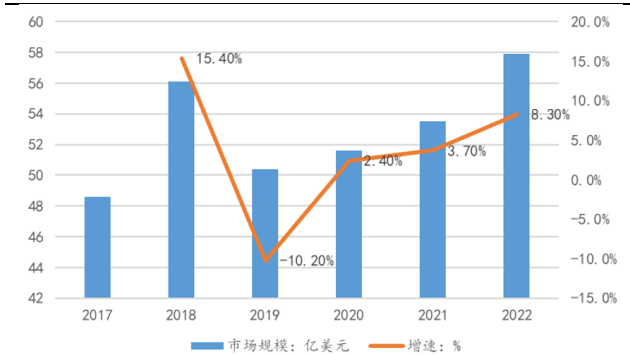
因素	光纤激光器	气体激光器	说明
增益介质	光纤	气体	-
耗电量	10kw	30kw	气体激光器耗电量比光纤激光器高，但二者均需消耗大量电力
光电转换效率	30%	10%	光纤激光器光电转换效率更高
配套水冷机功率	13kw	18kw	气体激光器工作时产生热量更高
其余材料成本	8 元/小时	1 元/小时	光纤激光器所使用的材料成本更高
适用范围	切割 6mm 以下薄板	切割 6mm 以上板材	光纤激光器切割速度更快

数据来源：Laserfair，东北证券

全球工业激光器市场规模呈现不断扩大的态势。2013-2020年，全球工业激光器市场规模从24.9亿美元增至51.6亿美元，CAGR为11.0%，其中光纤激光器市场规模从8.4亿美元增至27.2亿美元，CAGR为18.2%。近年来，全球工业激光器市场规模增长较为稳定，2021年市场规模为53.5亿美元，同比增长3.7%，2022年全球工业激光器市场规模有望达57.9亿美元。同时，受激光材料加工的主要终端行业如微电子、汽车、一般钣金加工的需求拉动，2021年全球工业激光系统市场规模达到213亿美元，同比增长22%，激光需求出现回升。

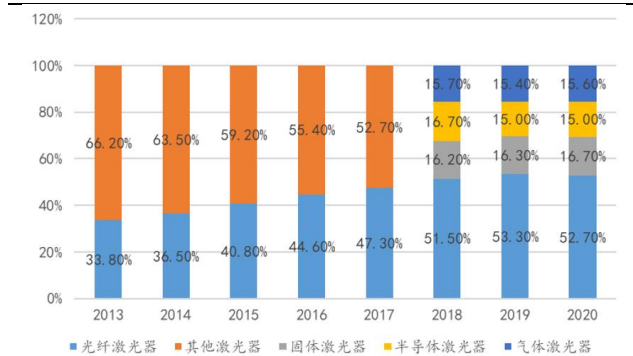
在工业激光器结构占比中，相比于半导体激光器、固体激光器和气体激光器，光纤激光器凭借其较低成本、高功率等优势、及其不断拓展的应用领域（如钣金加工领域），在全球工业市场的占有率稳定超过50%，2020年所占份额已达52.7%。长期来看，光纤激光器占比最高，由2013年的33.8%增长至2020年的52.7%；其次为固体激光器，2020年结构占比为16.7%。

图 14：2017-2022 年全球工业激光器市场规模



数据来源：LaserFocusWorld，东北证券

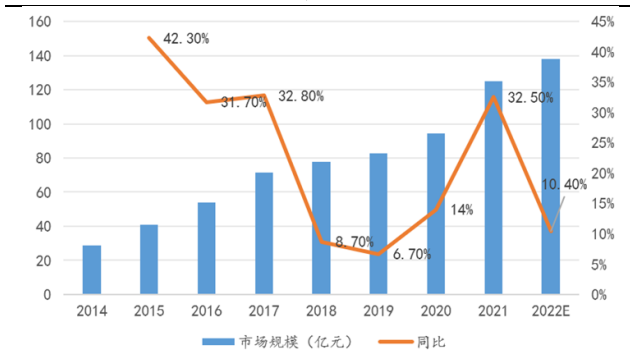
图 15：2013-2022 年全球工业激光器结构占比统计



数据来源：Wind，中商情报网，Optech，东北证券

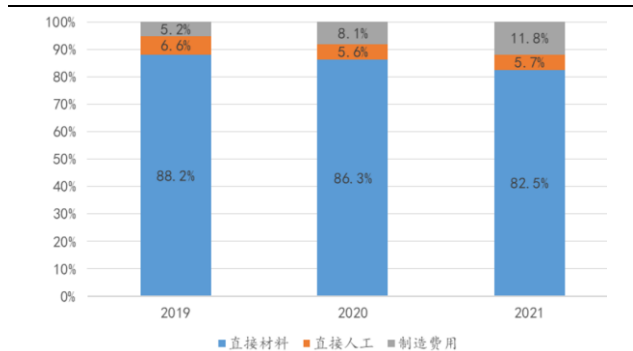
就地区而言，中国在激光系统市场增长方面发挥着重要的作用，在全球工业制造业中贡献了很高的份额。作为迄今为止工业激光系统的最大市场，中国采用激光技术的程度与欧洲和美国相当。在国内市场，目前我国光纤激光器行业正处于市场高速增长期，规模从2016年的54亿元增长至2020年的94.2亿元，2021年达到125亿元的市场总规模，2022年将会继续增长至138亿元，同比增加10.6%；未来或将成为全球市场增长的主要驱动力。

图 16：我国光纤激光器市场规模及同比（亿元）



数据来源：LaserFocusWorld，东北证券

图 17：连续光纤激光器成本构成



数据来源：锐科激光，东北证券

根据龙头公司锐科激光的数据，2021年光纤激光器人工成本占5.7%，制造费用占

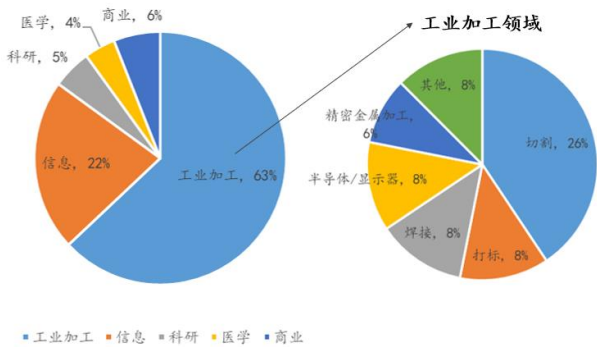


11.8%，直接材料成本占比 82.5%；其中上游核心器件占据光纤激光器约 80% 的成本，包括泵浦源、特种光纤、光纤耦合器、传输光缆、功率合束器、光纤光栅等零部件等。因此，公司处于光纤激光器的重要上游材料行业中，随着国内及全球的光纤激光器市场不断扩张，以及光纤激光器在全球工业激光器结构占比的增加，光纤激光器将对上游的激光晶体、磁光晶体及激光器件等产品的市场需求起到正向带动作用。

#### 4.2 通用制造及定制化市场促进下游需求

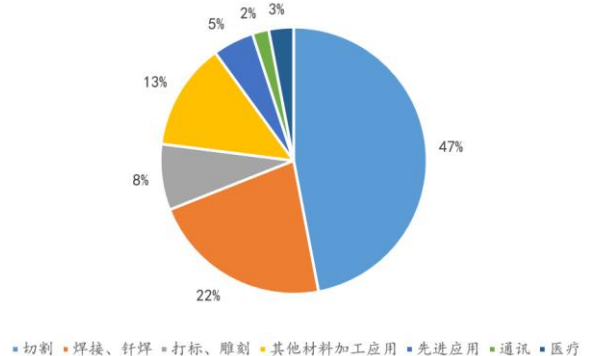
激光设备市场的下游较为广泛，从传统加工领域到高端制造市场，各类激光器在工业、通信、医疗、科研、商业等领域均具有重要应用。2020 年，中国激光设备约 63% 应用于工业加工领域，其中工业主要应用方向包括切割、打标、焊接等。在光纤激光器市场，根据国际龙头企业 IPG 在 2021 年的收入结构分析，切割、焊接、打标为目前最主要的下游应用，且根据激光行业规模与下游特点，预估在激光切割、焊接、打标总体设备中约 58%~71% 是标准化程度较高的部分。因此，光纤激光器的下游应用可分为两大部分：通用制造市场和定制化市场。通用制造市场指激光器应用于标准化程度较高的产品，包括一般钣金加工、锂电、光伏等领域；在这部分应用中，行业一般具有标准化需求，激光器国产化率较高。而对于下游行业较为明确的应用，即定制化市场，激光器产业为下游提供的定制化程度较高，如汽车、3C 电子、医疗、航空航天等；在这部分应用中，市场的绝对规模与占比均较小，目前主要以进口激光器为主。

图 18：2020 年中国激光设备市场应用领域



数据来源：2020 中国激光产业发展报告，东北证券

图 19：2021 年 IPG 收入结构（按应用划分）



数据来源：IPG 官网，东北证券

表 11：激光器下游应用分类示意图

激光器下游应用分类		
通用制造	定制化市场	
在激光切割、打标、焊接设备中，约占 58%~71%	动力电池	汽车
	3C 电子	光伏
	航空航天	轨道交通
	船舶工程	半导体
	医疗	遥感

数据来源：中国激光产业发展报告，东北证券

##### 4.2.1 通用制造标准化程度高

作为光纤激光器通用制造中应用最广泛且普遍的领域，激光切割、打标、焊接的市场规模稳步扩大，保证了光纤激光器下游需求的稳定增长。在激光切割领域，

2021年市场规模达280亿元，2016年到2021年CAGR为5%；其中标准化程度较高的一般钣金切割设备占56%~76%，其余设备则应用于金属、陶瓷、蓝宝石、玻璃等的高精度加工，对产品定制化与精度要求较高。

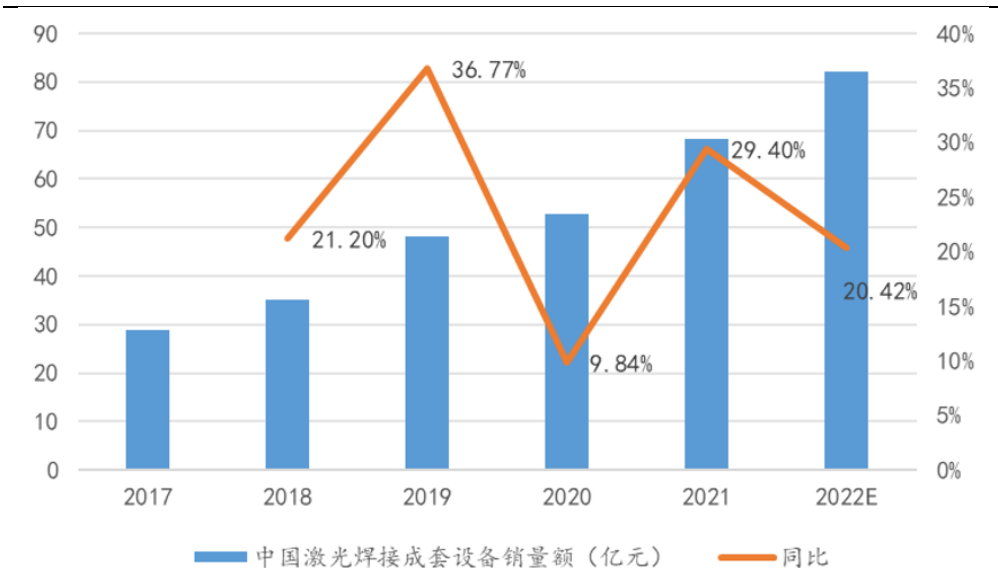
图 20：我国激光切割、焊接、打标设备市场规模（亿元）



数据来源：《中国激光产业发展报告》，东北证券

在激光焊接领域，2021年市场规模达67亿元，2018年到2021年CAGR为25%。激光焊接的主要下游应用包括动力电池、汽车、消费电子、手持焊等，分别占据43.6%、35.8%、11.7%、8.9%，其中手持焊应用为偏标准化的应用。近几年，激光焊接在动力电池、汽车、消费电子等精细微加工领域和航空发动机、火箭飞行器、汽车发动机等结构零部件高度复杂的尖端科技领域应用逐渐增多，渗透率将加速提升。2021年，中国激光焊接成套设备市场获66.5亿元收入，同比增29.9%，预计2022年将突破80亿元。在激光打标领域，我国市场规模约90亿元，2017年到2021年CAGR为2%。该领域终端应用丰富，在激光加工领域属于最为成熟的领域之一，其中绝大多数为标准化的应用。

图 21：我国激光焊接成套设备销量额（亿元）



数据来源：2022中国激光产业报告，东北证券

#### 4.2.2 3D打印快速增长

光纤激光器除应用于切割、焊接、打标等传统工业加工领域外，其定制化市场应

应用领域不断拓展，激光医疗、激光雷达、激光显示、激光检测等新兴激光应用正蓬勃发展，带来了广阔的行业增长空间。光纤激光器的新兴应用领域之一为 3D 打印设备的生产，而 3D 打印作为科技发展和工业生产的前沿技术，正受到产业界的广泛关注和政府的大力扶持，增长迅速，有望进一步扩大光纤激光器市场规模。

3D 打印指由三维模型数据驱动、利用逐层添加材料的方式直接制造产品的生产过程，工作原理与普通打印基本相同，区别在于打印材料不同。3D 打印机的打印材料是金属、陶瓷、树脂等工业原材料，与电脑连接后，通过电脑控制 3D 模型实现打印材料的叠加。3D 打印本质上为一种加工方式。制造技术可分为三种方式：在传统制造方法中，“减材制造”指利用刀具或电化学的方法去除不需要的材料，“等材制造”主要指利用模具控型，将材料变为所需结构的零件或产品。第三种方式则为近年来发展起来的 3D 打印技术，是用材料逐层累积制造物体的方法，也称为“增材制造”。

根据所用耗材和成型原理的差异，目前主流的 3D 打印技术可分为挤出熔融成型、粒装物料成型、光聚合成型等三种类型；而每种类型按成型技术的不同又演化出多个种类，具体如下图所示。而按照打印耗材种类的不同，3D 打印又分为非金属 3D 打印技术和金属 3D 打印技术（DMP）。其中，SLM、DMLS、EBM 等属于金属材料 3D 打印技术，FDM、SLA、DLP、3DP 等属于非金属 3D 打印技术。

**表 12：3D 打印技术分类（按物料形态及成型原理）**

3D 打印技术分类			
挤出熔融成型	粒状物料成型	光聚合成型	其他
熔融层积 (FDM)	直接金属激光烧结 (DMLS) 电子束熔融 (EBM) 选择性激光烧结 (SLS) 选择性热烧结 (SHS) 选择性激光融化成型 (SLM)	光固化成型 (SLA) 数字光处理 (DLP) 聚合物喷射 (PJ)	石膏 3D 打印 (PP) 分层实体制造 (LOM) 三维打印 (3DP) 电子束自由成型制造 (EBF) 激光净形制造 (LENS)

数据来源：中国知网，东北证券

激光器为实现 3D 打印最精密的核心器件。3D 打印用主流激光器包括紫外激光器、光纤激光器以及气体激光器（CO<sub>2</sub> 激光器），YAG 激光器也曾被应用。根据成型材料的不同，3D 打印机会匹配不同的激光器，然而随着激光器制造行业的不断发展，激光器与 3D 打印工艺的匹配也在不断革新。现阶段光聚合成型技术普遍使用固体紫外激光器，粒状物料成型技术则使用气体激光器对非金属材料进行烧结。在金属材料打印领域，早期采用的二氧化碳激光器由于功率较高，已不再此领域应用，而随着光纤激光器被逐步推向商业市场，YAG 激光器的弊端也逐渐显现出来。目前，虽仍有少量 YAG 激光器用于 3D 打印，但光纤激光器因其更高的电光转换效率、更稳定的性能，已占据绝大多数金属材料打印市场，成为金属打印发展的一大趋势。

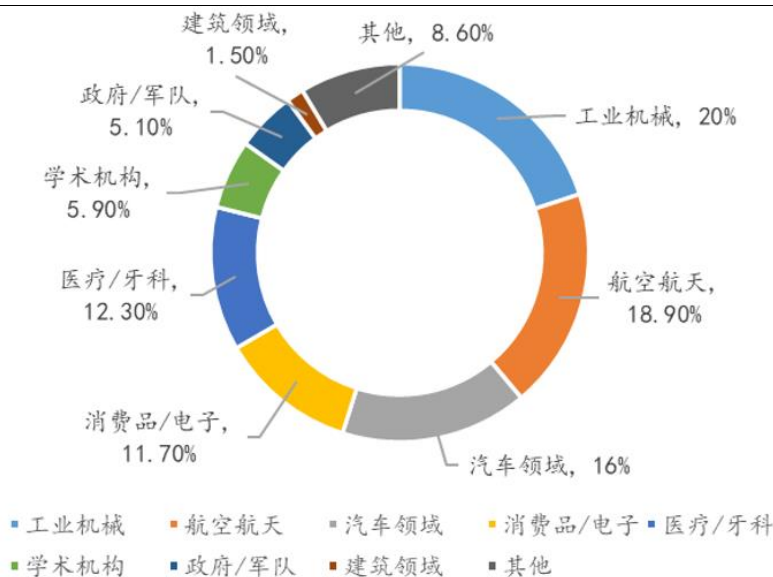
表 13: 3D 打印技术以及对激光器应用情况

3D 打印技术	激光器类型	说明	当前应用情况
光聚合成型	(紫外) 氩镉激光器	波长 325nm, 功率 15-50mw, 激光束光斑大小为 0.05-3mm	初期 SLA 设备
	(紫外) 氩离子激光器	波长 351-365nm, 功率 100-500mw, 激光束光斑大小为 0.05-3mm	初期 SLA 设备
	固体紫外激光器	输出波长稳定为 355nm, 输出功率接近 800mw 且可调, 寿命明显增长, 只需更换激光二极管即可继续使用	普遍使用
粒状物料成型	二氧化碳激光器	输出波长为 10.6 μm, 功率从几瓦到几万瓦, 光束质量极高, 3D 打印中, 功率选择几十瓦, 光斑直径 0.4-0.5mm, 可用于烧结尼龙、覆膜砂、陶瓷以及 PS 粉末等非金属材料	普遍使用、早期 LOM
金属材料打印	二氧化碳激光器	输出波长很长, 金属材料吸收率低, 功率动辄几千瓦	不适用
	YAG 激光器	波长 1.06 μm, 与金属的耦合效率高、加工性能良好, 一台 800W YAG 激光器的有效功率相当于 3KW CO2 激光功率	应用较少
	光纤激光器	更加集成、电光转换率更高、性能更稳定	大多数应用

数据来源: 3D 打印网, 东北证券

金属增材制造市场, 即金属 3D 打印市场, 应用领域多元, 近年来全球规模持续扩大。由于 3D 打印技术具有结构精密、整体性好、具有均匀的微观结构等优点, 已广泛应用于机械制造、建筑、医药、航空航天等诸多领域。根据中国增材制造产业联盟统计, 由于工业机械、汽车制造、航天航空等领域对于构件质量要求、定制化要求较高, 因此, 我国 3D 打印应用领域主要集中于工业机械、汽车制造、航天航空等领域, 三者合计占比超过 50%。

图 22: 2021 年中国 3D 打印应用领域格局图 (%)



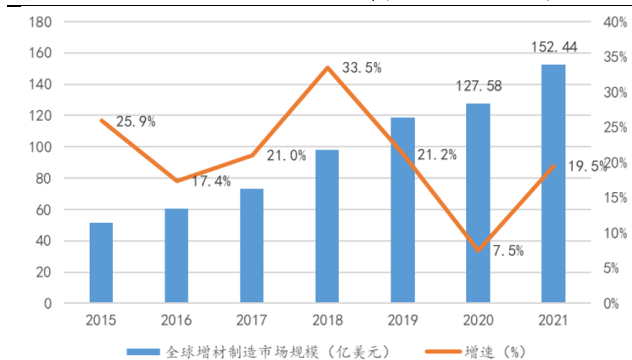
数据来源: 中国增材制造产业联盟, 东北证券

金属增材制造中 SLM、EBM、LENS 技术正逐步加大在航空航天领域中的应用,

增长潜力较大。由于 3D 打印技术满足航空航天零部件制造和研发的主要目标，且航空航天领域更加注重安全与性能、价格敏感度较低，在主要应用于飞机、飞船等精密零部件的设计与制造等方向，能够缩短设计和测试航空发动机的时间，减轻零部件重量，提高燃料效率等。其中，SLM 技术是近年航空航天领域快速发展的新型金属增材制造技术。此外，3D 打印也正在汽车、医疗等领域快速发展。作为最早的应用领域之一，3D 打印在汽车工业的模型设计、复杂零件制造、整车模型制作等方面相比传统工艺具有高精度、低成本、重量轻的特点，可满足汽车零部件定制化需求。而医疗行业一直是 3D 打印技术主流应用领域，该技术可应用于齿科、骨科甚至活体器官制作。

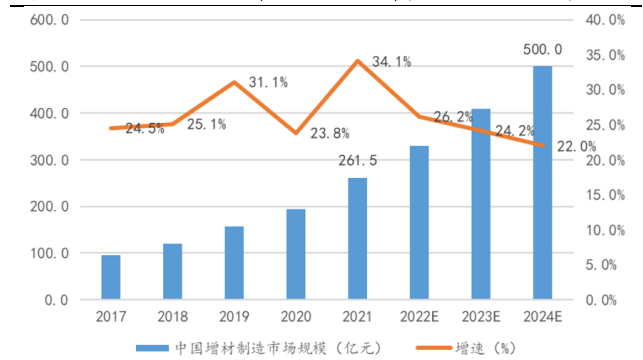
3D 打印的全球及国内市场规模正逐渐扩大、稳步增长。2021 年全球 3D 打印产业规模达到 152.44 亿美元，同比增长 19.5%，过去四年平均增长率高达 20.4%，其中，增材制造专用材料、装备和服务总产值达到 122.5 亿美元。预计 2026 年全球增材制造市场规模达 445 亿美元。在国内市场，2017-2020 年，3D 打印规模逐年增加，且增长速度略快于全球整体增速，我国 3D 打印占全球的比重在不断增加。2021 年，中国 3D 打印产业规模增至 261.5 亿元，同比增长 34.1%；2022 年产业规模将达到 330.0 亿元，2024 年将突破 500 亿元。据国家统计局数据，中国增材制造规模以上企业由 2016 年的 20 余家增长至 2021 年的 100 余家，57% 为工业级企业，43% 为消费级企业，国内营业收入超过 1 亿元的增材制造企业数量已超过 40 家。2021 年我国增材制造企业营收约为 265 亿元，近 4 年平均增长率 30%。

图 23：2015-2021 全球 3D 打印产业规模及同比



数据来源：Wohlers Associates, 东北证券

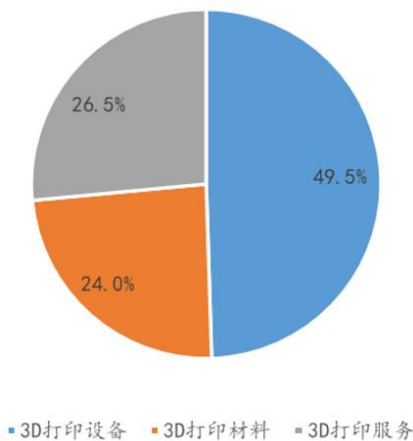
图 24：2017-2024E 中国 3D 打印产业规模及同比



数据来源：中商情报网, 东北证券

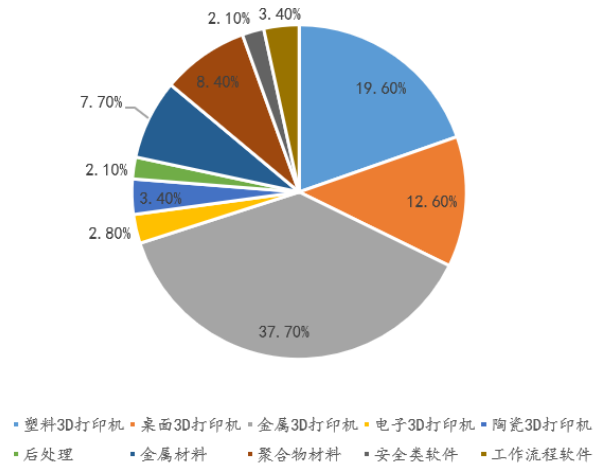
从产业结构来看，2021 年 3D 打印设备占据近一半的市场份额，3D 打印材料、打印服务市场分别占据 24%、26.5%。此外，3D 打印市场正在经历从塑料打印到金属打印的转变。激光器是金属材料打印过程中采用的关键零部件，因此，随着 3D 打印整体行业的繁荣、以及金属 3D 打印领域的发展，3D 金属打印设备市场规模将进一步扩张，进而带动光纤激光器的发展。

图 25: 2021 中国 3D 打印细分产业市场份额



数据来源: 中商情报网, 东北证券

图 26: 各类 3D 打印企业价值占比



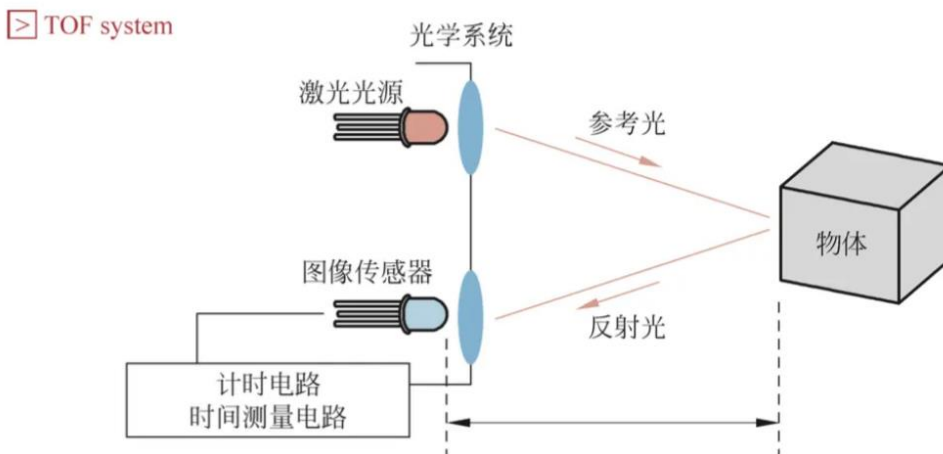
数据来源: AMFG, 东北证券

### 4.2.3 激光雷达引领智能驾驶进阶

#### 4.2.3.1 车载激光雷达推动 L3+ 级别智能驾驶

激光雷达是以发射激光束探测目标的位置、速度等特征量的雷达系统，其以激光器作为辐射源，是一种采用光电探测技术手段的主动遥感设备。通过向目标发射激光束作为探测信号，并将接收到的反射回来的信号与探测信号作对比，在一系列处理后，系统可以获得目标的有关信息，如距离、方位、高度、速度、姿态、形状等参数，从而完成对目标的探测、跟踪和识别。激光雷达系统主要由发射系统、接收系统、信息处理等部分组成。发射系统包括激光器以及光学扩束单元，发射波长在 600-1550nm 之间；接收系统则采用望远镜及各种形式的光电探测器组合。

图 27: TOF 激光雷达工作原理



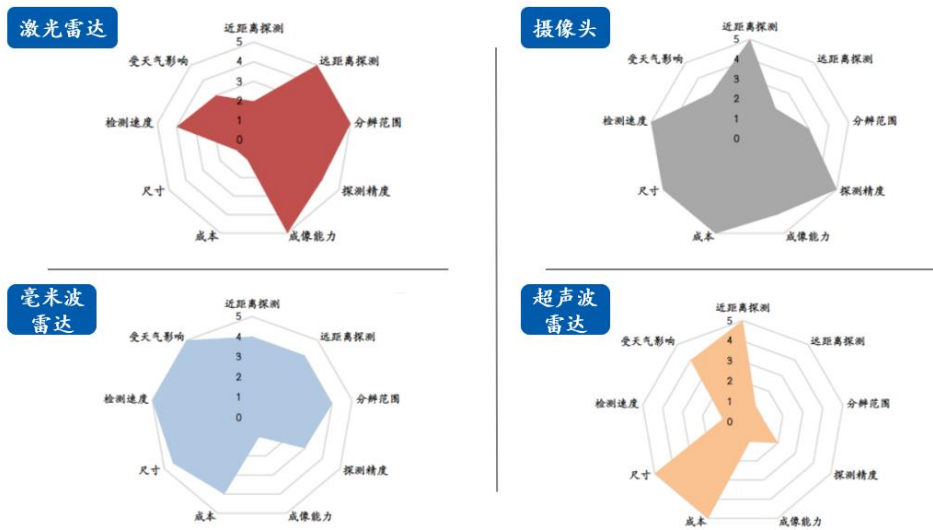
数据来源: 滨松光子学株式会社官网, 东北证券

相较于毫米波、超声波、摄像头等传感器，激光雷达的发射源具有能量密度高、方向性好的特点，大多数激光雷达的探测距离可达到 100m 以上，具有测距远的优点；同时，激光雷达具有分辨率高、受环境干扰小等优势，已广泛应用于机器人、无人驾驶、人工智能、军事、3D 打印、VR/AR 等众多场景中。在汽车电子行业领域，随着智能驾驶技术快速发展，激光雷达已经成为摄像头、毫米波雷达等探测

方式的重要补充，是诸多主机厂迈向自动驾驶的必需品，产品正从概念快速跨越至量产。在智能驾驶领域，传感器需要满足成本、探测距离、抗干扰性等综合需求，而由于各类传感器各有优劣，因此“多传感器融合”的技术方案已成为大部分智能驾驶系统的首选，通过有机融合完成更加优异的探测表现。对于智能驾驶的感知层融合配制，市场上主要有两大技术流派：摄像头主导方案和激光雷达主导方案。

“摄像头主导方案”的感知系统由摄像头、毫米波雷达组成，轻感知重算法，采用“摄像头+算法”来模拟人眼与人脑的纯视觉驾驶行为。该方案依赖大量的数据训练来提高感知的精准度，在技术成熟度、成本等方面具备优势，但在精度、可靠性方面具有局限性，尤其应对汽车高速行驶等场景时，需要人为的大量干预。特斯拉为应用此方案的典型代表，在 L2 及以下的智能驾驶阶段，该方案优势较明显。而“激光雷达主导方案”的感知系统由激光雷达主导，摄像头、毫米波雷达作为辅助，重感知轻算法，能够实现三维的实时感知，避开对算法和数据的高度依赖，在探测精度、可靠性和抗干扰能力等方面具备优势。该方案可以显著提升智能驾驶系统的可靠性和冗余度，被认为是 L3 及以上智能驾驶的必备传感器系统。“激光雷达主导方案”以 Waymo、百度等无人驾驶型企业和蔚来、小鹏、理想等造车新势力为典型代表。因此，随着智能驾驶技术向 L3 进阶，高精度、高可靠性的激光雷达将成为不可或缺的部件。

图 28：车载智能传感器对比



数据来源：OFWeek，东北证券

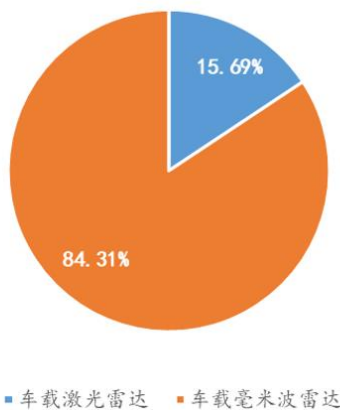
在竞争格局方面，三大车载雷达分别为毫米波雷达、激光雷达与超声波雷达。由于超声波雷达主要应用于倒车辅助，无法形成环境图像信息，因此仅能在自动驾驶方案中起到辅助作用。而作为两种主流自动驾驶方案的主导探测雷达，毫米波雷达与激光雷达存在竞争替代关系。与较为成熟的毫米波雷达相比，车载激光雷达这一新兴领域正在经历高速增长，市场规模不断提升。2022 年中国毫米波雷达市场总规模 86 亿元，同比增长 24.6%，其中车载毫米波雷达拥有 70 亿元规模，工业毫米波雷达、家用毫米波雷达分别为 11 亿元、5 亿元市场规模。在激光雷达方面，2021 年我国车载激光雷达市场规模为 4.6 亿元，2022 年达到 16.0 亿元，预计 2025 年将增长至 54.6 亿元，实现 85.7% 的年复合增长率。根据 2022 年市场规模数据可得，车载激光雷达与车载毫米波雷达在自动驾驶领域的比率约为 16%、84%。

表 14：车载雷达三大技术方向对比

技术方向	具体实现功能	组件构成	特点
毫米波雷达	24GHz：短程或中程雷达，主要功能是盲区监测、泊车辅助等 77GHz：长程雷达，自动紧急制动、自适应巡航等	毫米波雷达核心器件为雷达主 IC	成本适中、不受天气影响，精度较低、分辨率较低
激光雷达	自动紧急制动、自适应巡航、车辆高精度定位、高精地图形成	机械式激光雷达系统结构包括激光器、扫描器、光学组件、光电探测器、接收 IC 以及位置和导航器件	精度极高、可形成带深度信息的 3D 环境建模 数据运算量大、成本高、车载方案不够成熟
超声波雷达	倒车辅助	-	成本最低 声波速度慢、作用距离短、无法形成环境图像信息

数据来源：行行查，东北证券

图 29：2022 我国毫米波雷达与激光雷达市场规模占比



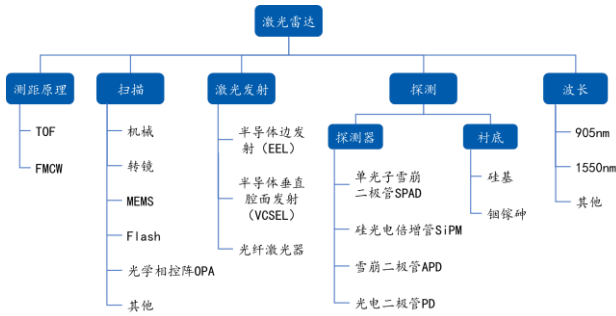
数据来源：观研报告网，AIOT，东北证券

#### 4.2.3.2 半导体、光纤激光器用于激光雷达

目前，激光雷达在测距原理、激光波长、收发元器件、光束扫描等部分均存在多重技术方案，因此产品形态多样。根据不同的标准，激光雷达的主要种类如下图所示。此外，按照线束来分类，即激光发射器的光源数，有 16 线、32 线、64 线、96 线和 128 线及以上；按总体的技术结构来看，分为机械旋转式、混合固态及纯固态。MEMS、转镜等扫描方式均属于混合固态的激光雷达扫描方式。Flash，OPA 则为纯固态技术。

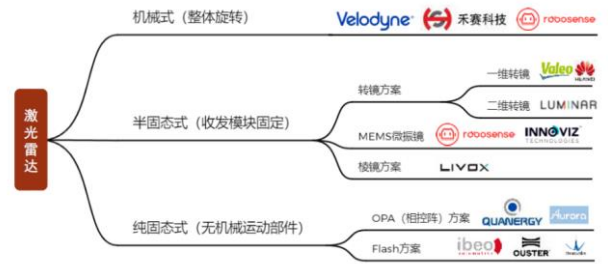


图 30：不同分类标准下激光雷达的种类



数据来源：汽车人参考，东北证券

图 31：激光雷达按扫描方式分类及代表性品牌

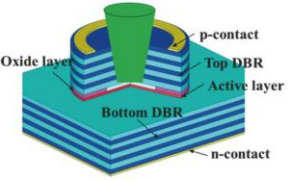
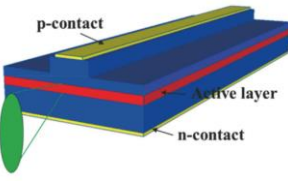


数据来源：佐思汽研，盖世汽车，东北证券

激光光源作为激光雷达的核心器件之一，其性能将直接影响整套雷达系统的性能。在激光光源的选择过程中，需要综合考虑实际应用环境、技术方案、性能需求、成本等因素；在车载激光雷达这一应用场景中，需要多种类型的激光光源来适应不同的道路环境。从性能角度出发，激光雷达的激光器应尽可能达到较高的发射功率密度，从而使同样尺寸的器件实现更高的发光效率；同时，在光热效应的作用下，温度的变化会造成激光波长的微小漂移，为提升激光雷达的信噪比，激光器需要有较低的温升和较小的温漂系数。对于光束质量，即光斑的形状和能量分布，最好是规整的圆形以便于测距。

目前，激光雷达所用的激光器主要有三种类型：半导体边发射激光器（EEL）、半导体垂直腔面发射激光器（VCSEL）、光纤激光器。一般来说，905nm 波长的激光雷达可选择半导体激光器，其中 EEL 产品技术与体系较为成熟、功率密度高；而 VCSEL 则在光束形状、光谱宽度、温漂系数等指标上略胜一筹，且制造成本较低，配套的光学器件较为简单、无需单独调制。EEL 因其较高的功率密度，在市场上仍占据主流地位，而目前禾赛科技与 Lumentum 已尝试在 AT128 转镜式远程雷达上搭载了 VCSEL 激光器，有望在市场上实现突破。在 1550nm 波段，需要采用砷镓砷或磷化铟，而该材料所制备的半导体激光器的功率较低、无法满足要求，因此该波段通常采用光纤激光器。与半导体激光器相比，光纤激光器的激光光束质量高、功率高，但成本较高。此外，固体激光器也是激光雷达激光器的一种，是闪光式车载激光雷达(Flash LiDAR)技术路线的激光光源方案。闪光式车载激光雷达是真正意义上的全固态激光雷达，然而目前用于车载的激光雷达中，主力仍为混合激光雷达。

表 15：半导体激光器：EEL 与 VCSEL 性能对比

对比指标	EEL	VCSEL
结构示意图		
大规模生产	分离级芯片	晶圆级
功率密度	≤120000W/mm <sup>2</sup>	≤10000W/mm <sup>2</sup>
光束质量	非对称椭圆形，发散角大、中等散度，整形要求高	对称圆形，发散角小、低散度，整形要求低
温漂系数	0.25nm/K（高）	0.07nm/K（低）
频谱宽度	较宽	窄线宽
光斑密度	高	低，有序
封装难易程度	难	简单
制造成本	高，生产较为复杂，不易集成	低，晶圆级工艺，易于二维集成
配套光学器件	复杂，需要独立手工调制	简单，无需单独装调

数据来源：中国光学期刊网、禾赛科技招股说明书、长光华芯官网、欧司朗官网，东北证券

#### 4.2.3.3 光纤激光雷达有望成为高端解决方案

由于 905nm 波长的激光雷达普遍采用半导体激光器，而 1550nm 波长则对应着光纤激光器，因此激光雷达波长的选择对于激光器的使用起到决定性作用。对于车载激光雷达来说，905nm 波长与 1550nm 波长的比较需要综合考虑安全规定、探测距离、抗干扰性、功耗与成本等角度。

首先，车载激光雷达需要考虑到激光辐射的安全性问题，而影响安全性的是波长、输出功率以及激光辐射时间共同作用的结果。由于强光在通过人眼晶状体时会聚焦到视网膜上，从而会给视网膜带来灼烧效果，对人眼产生一定的风险；而激光雷达 905nm 与 1550nm 的激光波长已经超出可见光波长范围，因此，当高功率运行的激光雷达发出激光时扫射到人的眼球，将对人眼造成一定的伤害。出于保护人眼的原因，国际电工委员会（IEC）规定激光雷达的波长安全上限为 900nm 左右，这也意味着 905nm 波长的激光雷达在车载安全规定约束下仅能保持较低功率运行，安全峰值功率仅有 6W。然而，波长在 1400nm 以上的激光在到达视网膜之前就会被眼球的透明部分完全吸收，从而避免对人眼的伤害，IEC 的规定并不涵盖 1400nm 以上的波长区间。因此，相比于 905nm 波长，1550nm 波长的激光雷达人眼安全峰值功率有  $6 \times 10^6$ W，能够以 905nm 波长雷达 40 倍的功率运行，而提升功率可带来更高的云分辨率、更远的探测距离、对复杂环境更好的穿透力。

相比 905nm 波长，1550nm 波长的激光雷达可以实现更远的探测距离。在高端测绘领域，1550nm 波段在激光雷达的应用要早于 905nm 波段，因为 1550nm 激光雷达的光束发散角比 905nm 小得多。905nm 激光器的发光面约为几百微米，而 1550nm 光纤激光器的发光面仅有 10 微米左右，更小的发光面意味着光斑的远场发散角可以抑制得越小。较大的发散角会导致光束照在远处小物体上后返回的能量不够大，从而导致探测不到，同时也会影响复杂场景下的点云精度。因此，1550nm 波长的激光雷达相比 905nm 波长可以对远距离的小物体完成更准确的测量，实现更远的探测距离。一般来说，1550nm 波长的激光雷达在 10% 反射率标准下的探测距离是

250米，最远探测距离可达500米；而950nm波长的激光雷达探测距离约为150米左右，一般不超过200米。目前车规级905nm激光雷达探测距离（10%反射率）约为150m，而1550nm激光器探测距离（10%反射率）约为250m，探测距离更远，可提供更多安全冗余，正逐步获得市场认可。

在抗干扰方面，1550nm波长的激光雷达具有更加优秀的表现。车载激光雷达需要应付各种复杂环境，如在逆光、雨雪雾霜等场景下，需要尽可能减少环境对探测准确性的影响。在抗日光干扰方面，由于1550nm波长的激光雷达采用光纤激光器，发出来的光能量密度高，亮度极高。激光雷达发出的光需要在亮度上超过外部的其他光源，才能抵抗后者的干扰，因此相较905nm激光器，1550nm光纤激光器的抗日光干扰能力更强。然而，由于1550nm波长的光更易被液态水吸收，在雨雾等天气条件下，探测距离和探测能力会有所降低。针对雨雾天气下这一问题，目前的解决方案是通过将激光器的功率提升来克服，不过功率的提高也会同时导致散热难度加大、可靠性降低及寿命缩短等问题。在实际应用中，前视激光雷达遇到的“雨水”通常是“雨点”而非“雨帘”，而雨点几乎不具备完全屏蔽1550nm激光的能力。面向前向的雨水，1550nm激光雷达和905nm激光雷达的探测差别并不明显，而对于地面上成片的“水滩”，二者均会出现被致盲的情况。因此，在雨雾条件下，二者的抗干扰性相差不明显。从大气散射方面考虑，光的波长越长，光的穿透能力越强；因此1550nm激光雷达穿透力更强，抗干扰性也更优越。

1550nm波长的激光雷达拥有的更远探测距离，是与其高功率作为代价的。905nm波长激光雷达典型功耗约为20W，而1550nm波长典型功耗约为30W以上，这是由于905nm半导体激光器光电转换效率更高，约为40%左右，而1550nm光纤激光器由于其波长更长、激光器光纤耦合放大过程损失更多，光电转化效率仅有12%左右。同时，更高的功耗也会带来散热问题。

1550nm激光雷达的另一个缺点在于其成本较高。目前，用于激光雷达的1550nm光纤激光器单价约为上万元，成本约为905nm半导体激光器的数倍，且使用的1550nm光纤激光器体积也很大。此外，1550nm激光器对应的接收传感器的成本也比905nm更高。905nm波长的接收器可以用Si来做原材料，而1550nm波长所对应的光纤接受传感器需要用到铟镓砷材料，而这种材料的成本是Si的10倍，且目前无成本下降的趋势。此外，如前文所述，为保证1550nm激光雷达的探测距离，激光雷达需要保持高功率运行，从而带来较复杂的散热问题，使综合成本进一步上升。

**表 16: 905nm 与 1550nm 波长激光雷达性能对比**

对比指标	905nm	1550nm
光源器件	半导体激光器	光纤激光器
安全规定	扫射到人眼时会灼烧视网膜，仅能以低发射功率运行，人眼安全峰值功率为 6W	不会伤害视网膜，可以用高发射功率运行，人眼安全峰值功率为 $6 \times 10^6$ W
探测距离	光束发散角大，探测距离一般为 150m，不超过 200m	光束发散角小，探测距离超 250m，拥有更好的角分辨率性能
抗日光干扰	易受日光干扰	不易受日光干扰
抗干扰性	抗雨雪干扰 面对前向雨水受干扰较小； 面对水滩会被致盲	更易被液态水吸收，探测距离和探测能力有所下降，可通过加大功率克服 面对前向雨水受干扰较小； 面对水滩会被致盲
大气散射	波长短、穿透力较弱，抗干扰性较弱	波长长、穿透力更强，抗干扰性更优越
发射端	可使用 EEL 和 VCSEL 发射器 --技术成熟度较高 --成本较低 --集成度较高	使用光纤激光器 --成本较高 --体积大 --功耗高 --供应链成熟度低
探测端	Si 为衬底，成本低、产品成熟度高	InGaAs 为衬底，成本高、技术成熟度较低
3Q21 市场份额	69%	14%

数据来源：Yole，智能汽车俱乐部，东北证券

总结来说，在目前占主流的混合固态车载激光雷达领域，相比于 905nm 波长，1550nm 波长的激光雷达从安全规定、探测距离、抗干扰性等性能方面均有更加优异的性能表现；然而采用 1550nm 激光雷达将面临更高的成本、更大的体积，高功率运行下的散热问题也是光纤激光器的短板之一。目前，905nm 激光雷达的技术集成度较高、供应链更为成熟，是车载激光雷达的主流波长选择，在 2021 年第三季度约占 69% 市场份额；而 1550nm 激光雷达由于其高成本等原因，约占市场 14%。通过比较 1550nm 的光纤激光器及 905nm 的 EEL、VCSEL 两种半导体激光器，光纤激光器因其输出功率好、光束质量高，是高性能系统的理想选择，有望成为高端产品的解决方案。

**表 17: 激光雷达应用需求与激光器选择对照**

应用需求	激光器功能	VCSEL	EEL	光纤激光器
远距离投射高密度脉冲能力	功率密度	o	+	+
	高速度	+	+	++
复杂环境下的高分辨率	窄光谱	+	+	++
	稳定光谱 (T)	+	+	+
针对高性能需求的稳健设计	高效率	+	+	o
	高导热系数	o	o	N/A
适用探测器类型		SPAD	APD	APD

数据来源：Yole，智能汽车俱乐部，东北证券

#### 4.2.3.4 1550nm 车载激光雷达落地

目前激光雷达厂商的市场格局及应用车型如下表所示，其中国际巨头包括法雷奥（Valeo）、Luminar、Innoviz、Ibeo、Velodyne 等品牌，合计约占 46% 全球市场份额；国内领军企业包括速腾聚创、大疆、图达通（Innovusion）、华为以及禾赛科技等，合计约占 26%，在全球范围内占据较大市场份额；其中速腾聚创已成为国内排名第一的激光雷达厂商，全球市占率 10%，仅次于 28% 的法雷奥，其生产的 M1 型号的激光雷达被各车企广泛应用。从激光波长方面来看，采用 1550nm 方案的厂商包括 Luminar、图达通及华为，其余厂商均采用较为传统的 905nm 激光雷达。

**表 18：激光雷达市场格局**

	激光雷达厂商	激光波长 (nm)	市场份额	合作伙伴	上车情况
国际企业	VALEO (法雷奥)	905	28%	奔驰、宝马、奥迪	奥迪 A8、奔驰 S 级
	Luminar	1550	7%	50+合作伙伴，涵盖 TOP10 主机厂中的 8 家	代表车型包括飞凡 R7(全球首发)、极星 3 等；已拥有戴姆勒、沃尔沃、奥迪、丰田、上汽等订单共计 13 亿美元
	Innoviz	905	4%	已与麦格纳、安波福、哈曼、经纬恒润等 Tier1 建立合作	宝马 iNext
	Ibeo	905	4%	日产、奥迪、长城	长城 WEY
	Velodyne	905	3%	福特、Uber、通用、百度等 300+ 企业	福特 Argo、福特 Otosen、现代摩比斯
国内企业	速腾聚创 M1	905	10%	涵盖传统车企、造车新势力和科技公司	Lucid air、埃安 LX plus、威马 M7、小鹏 G9、广汽 Aion、智己 L7、路特斯 Eletre、极狐 α S 华为 Hi 版等 40 余款车型
	大疆	905	7%	小鹏、一汽、东风、上汽等	小鹏 P5
	图达通 (Innovusion)	1550	3%	蔚来	蔚来 ET7、ET5、ES7
	华为	1550	3%	北汽蓝谷	北汽新能源极狐 HBT、极狐 HI 版、长城机甲龙、哪吒 S、阿维塔 11、长安方舟架构等
	禾赛科技 AT208	905	3%	涵盖传统车企、造车新势力和自动驾驶公司	理想 X01、集度、高合 Hiphiz、路特斯等数百万台前装量产定点

数据来源：各公司官网、易车网、佐思汽研、汽车之家、财联网、搜狐网、数据猿、汽车测试网、第一电动网、半导体行业观察，东北证券

下表总结了激光雷达各厂商产品的上车情况、搭载数量及对应的自动驾驶等级。从波长分类来看，905nm 与 1550nm 波长的激光雷达在性能、成本方面各有千秋，且均可用于 L3 甚至 L4 的自动驾驶级别车辆。例如，奥迪 A8 作为全球第一款 L3 级别的自动驾驶车辆，装配了一颗法雷奥生产的 SCALA 激光雷达，采用 MEMS 技术，激光波长为 905nm、探测距离 150 米；搭载 1550nm 激光雷达的车型包括蔚来 ET7、哪吒 S、长城沙龙机甲龙等，其探测距离最远可达 500 米。此外，配置 L3 及以上级别自动驾驶系统的车型，售价大部分均高于 35w，属于高端产品范畴。

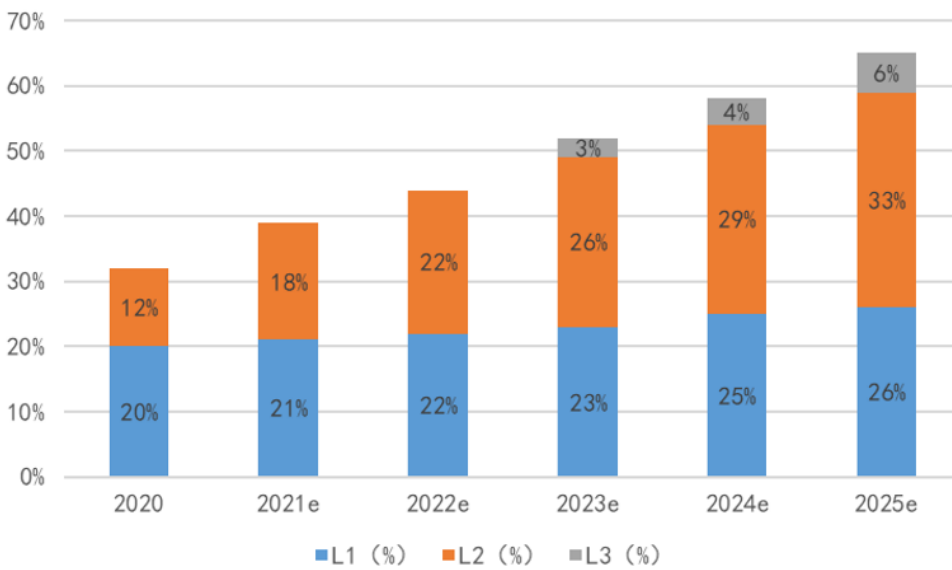
**表 19：激光雷达市场格局**

波长	供应商	车企	车型	交付时间	产品型号	数量	探测距离	雷达类型	自动驾驶等级
905	法雷奥 (Valeo)	奥迪	A8	2017	Scala1	1	150m	转镜式	L3
		奔驰	全新 S	2021	Scala2	1			L3
		本田	Legend	2021	Scala Gen1	5			L3
	大疆 Livox	小鹏	P5	2021	HAP	2	150m	双棱镜	L3.5
	Innoviz	宝马	Ix	2021	InnovizOne	1	150m	MEMS	L2
	速腾聚创	Lucid Motor	Lucid Air	2021	M1	1	150m	MEMS	L2
		上汽	智己 L7	2022Q1	M1	3			L3
		广汽	AION LX	2021	M1	2			L2
		广汽	AION LX+	2022	M1	3			L2
		威马	M7	2022	M1	3			L3-L4
		北汽	极狐 α S	2021.12	M1	3			L3
		小鹏	G9	2022Q3	M1	2			L3-L4
	Velodyne	福特	Gostan	2022	Velarray H800	2	200m	MEMS	L2
	禾赛科技	理想	X01	2022 年中	AT128	1	200m	转镜式	L4
		爱驰	-	2022-23	-	2			L2
		高合汽车	Digital GT-HiPhi Z	2022	AT128	2			L2
		Aeva	大众	ID BUZZ	2023	-			2
	Aeva	奥迪	e-tron	2023	-	1	300m	FMCW	L2
Ibeo		长城	WEY 摩卡	2021Q4	IbeoNEXT	3	130m	固态-Flash	L3
1550	Luminar	上汽	R ES33	2022	IRIS	1	250m-500m	MEMS	L2
		沃尔沃	XC90	2022	IRIS	1			L2
		上汽飞凡	R7	2022 下半年	IRIS	1			L2
	图达通	蔚来	ET7	2022Q1	猎鹰	1	500m	转镜式	L3 NAD 蔚来
	华为	长安	阿维塔 11	2022Q3	96 线	3	150m	转镜式	-
		长安	E11 方舟架构	2022	96 线	5			L2
		哪吒	S	2022Q3	96 线	3			L3-L4
长城		沙龙机甲龙	2023	96 线	4	L3-L4			

数据来源：佐思汽研、汽车之家、数据猿、汽车测试网、第一电动网、半导体行业观察，东北证券

目前 L2 级别的自动驾驶技术已经在电动车平台广泛搭载，渗透率逐年上升，在 2021 年达到 22.2%；2022 年作为 L3 技术的落地元年，由 L2 过渡至 L3 级智能驾驶系统的车辆增速加快，各车企纷纷布局 L3 智能驾驶。相比于目前广泛应用于 L2 车辆的“摄像头主导方案”，“激光雷达主导”方案在探测精度、可靠性和抗干扰能力等方面可以显著提升智能驾驶系统的可靠性和冗余度，将推动 L3 及以上的自动驾驶快速发展。根据激光雷达出货量数据，测算 2025 年全球车载激光雷达市场规模将达到约 70.3 亿美元，至 2027 年有望达到 129.7 亿美元。在高级辅助驾驶市场，预计至 2025 年全球乘用车新车市场 L3 级自动驾驶的渗透率将达 6%，即每年近 600 万辆新车将搭载激光雷达。按照沙利文预计，2025 年高级辅助驾驶激光雷达市场规模预计将达到 46.1 亿美元，2019 年至 2025 年复合增长率达 83.7%。

图 32：2020-2025 年中国乘用车辅助驾驶系统占比情况



数据来源：中国电动汽车百人会，东北证券

图 33：各大主机厂自动驾驶级别规划时间表

地域	主机厂	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
欧美	奔驰		L1				L2		L3			L4/5		
	宝马				L1			L2		L3			L4/5	
	大众			L1			L2					L4/5		
	奥迪	L1		L2					L3					L4/5
	通用		L1					L2					L4/5	
	沃尔沃	L1				L2							L4/5	
	福特			L1				L2					L4/5	
特斯拉		L1			L2							L4/5		
日韩	现代				L1			L2				L4/5		
	丰田				L1			L2		L3		L4/5		
	本田	L1				L2					L3		L4/5	
	日产		L1			L2				L3		L4/5		
中国	长安				L1		L2				L3			L4/5
	长城			L1			L2			L3		L4/5		
	比亚迪				L1						L2			L4/5
	一汽红旗					L1		L2			L3			L4/5
	吉利		L1				L2			L3		L4/5		
	广汽			L1			L2			L3			L4/5	
	北汽							L1	L2			L3		L4/5
	上汽				L1		L2				L3		L3	
	奇瑞					L1		L2				L3		L4/5
	理想				L1					L2				L4/5
	蔚来		L1					L2			L3		L4/5	
	小鹏			L1			L2					L3		L4/5
	东风				L1		L2		L2	L3		L4/5		

数据来源：各公司官网、佐思汽研，东北证券

在“激光雷达主导”方案中，承担主要传感任务的激光雷达每辆搭载数量在 1 到 5 颗之间。其中 1550nm 波长的激光雷达由于其探测距离相对较远，大部分车辆仅需搭载 1 颗激光雷达即可完成满足 L2、L3 级别的有效探测；例如，蔚来于 2022 年第一季度交付的 ET7 搭载 1 颗图达通猎鹰系列的 1550nm 光纤激光雷达，探测距离最远可达 500m，在 NAD 蔚来自动驾驶技术的配套下，可达到 L3 的智能驾驶等级。另一方面，尽管采用 1550nm 波长激光，华为的 96 线中长距激光雷达探测距离在 150m 左右，而选择增加搭载数量来强化探测可靠性，一般使用 3 颗，分别位于车头前格栅处和车前左右两侧轮眉上方。阿维塔 11、极狐阿尔法 S 华为 Hi 版、哪吒

S 均搭载华为的激光雷达，数量为 3 颗；并且哪吒 S 未来将做到 6 颗激光雷达装车；长城机甲龙也是目前激光雷达装车数量最多的车型，达到了 4 颗。在 905nm 波长激光雷达领域，除应用于奥迪 A8、奔驰全新 S 的法雷奥 Scala 系列等高性能激光雷达仅搭载一颗，大部分车辆均需搭载 2~3 颗激光雷达以满足 L3 级别的自动驾驶。据麦姆斯咨询，自动驾驶对激光雷达的单位需求将由 L3 级的最低 1 颗提升至 L4 级的最低 2~3 颗和 L5 级的 4~6 颗。因此，相同自动驾驶级别下，1550nm 激光雷达的搭载个数一般小于 905nm，而随着自动驾驶技术的进一步发展，每车搭载的激光雷达数量也将逐步增加。

短期来看，近年来车企普遍规划从 L2 到 L3+ 级别智能驾驶的进阶路径，从而增加对激光雷达的需求总量；长期来看，随着自动驾驶向 L4 甚至 L5 等级迈进，每车搭载的激光雷达数量也随之增加，将进一步扩大激光雷达市场。并且，随着技术的进一步发展，性能方面、人眼安全方面占优的光纤激光雷达的成本有望降低，进而增加 1550nm 激光雷达的竞争力。例如，华为已将其 1550nm 激光雷达的总材料采购成本降低至 200 美元左右，约合人民币 1349 元；Luminar 即将量产的 300 线 1550 nm 波长激光雷达，官方称软硬件打包的价格不超过 1,000 美元等。在激光雷达需求总量增加的趋势下，作为重要的下游领域之一，1550nm 波长激光雷达在 L3 自动驾驶的应用亦将促进光纤激光器市场蓬勃发展，进而带动公司激光晶体、激光及光学器件等产品的市场需求。

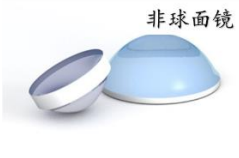
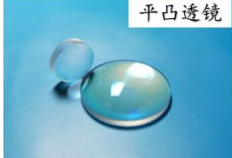


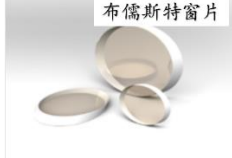
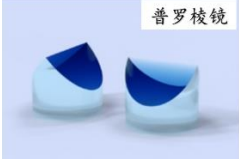

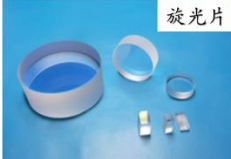
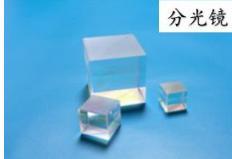
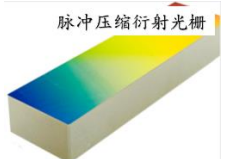
## 5. 光学元件步入精密化阶段

除晶体元件与激光器外，精密光学元件的研发、制造和销售亦为公司的主营业务之一。光学元件，又称光学零件，是光学系统的基本组成单元。大部分光学元件起成像的作用，如透镜、棱镜、反射镜等；还有一些在光学系统中起特殊作用（如分光、传像、滤波等），如分划板、滤光片、光栅用光学纤维件等。随着技术的发展，一些新型光学零件也逐渐投入应用，如全息透镜、梯度折射率透镜、二元光学元件等。公司凭借其多年来在激光晶体领域积累的先进技术与设备优势，为激光器公司提供配套光学元件，产品包括非球面透镜、球面透镜、柱面透镜、反射镜、窗口片、棱镜、波片、偏振镜、分光镜、光栅等，并广泛用作激光器谐振腔、垂直聚焦、光路传输、光束整形、偏振转换、分光合束，进而应用在固体激光器、光纤激光器、光通讯、AR/VR、激光雷达、半导体设备等细分市场。

自公司开展光学元件业务以来，产品质量和规模不断成熟、发展，利用其技术和设备优势，激光光学元件逐渐步入精密化阶段。由于生产的光学元件可与公司非线性光学晶体、激光晶体等产品高度适配从而应用在较复杂的场景中，固体激光器、光纤激光器、3D 打印、激光雷达、医美等下游市场规模的增长均可带动公司光学元件的收入。根据公司数据，2015 年以来公司光学元件营业收入逐年增长，2022Q2 实现营业收入 1.32 亿元，同比增 21.73%，实现毛利 0.61 亿元；产品的毛利率亦呈现总体增长趋势，近年来稳定在 45% 左右。2021 年，公司激光光学元件的营收约占公司总收入的 31.82%；2022 年 Q2，公司光学元件营收约占总收入的 33.53%。

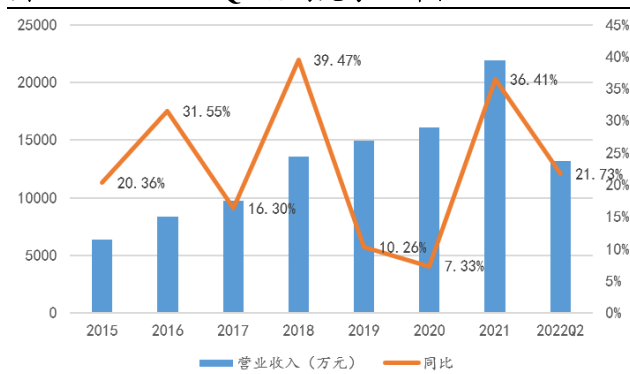


表 20：福晶科技主要光学元件产品

非球面镜	球面镜	柱面镜	反射镜	窗口片
				
在消除球差、单一元件设计等应用中具有独特优势。所有基底材料都可选择不镀膜或镀增透膜。	包括平凸透镜、平凹透镜、双凸透镜、双凹透镜、弯月透镜、负弯月透镜等。	包括平凸柱面镜、平凹柱面镜，对入射光只有一个方向上的作用；对光源进行一维汇聚/扩散。	是一种利用反射定律工作的光学元件，产品包括圆形、矩形、与正方形反射镜。	窗口片是一种光学平板，不会改变光学放大倍率，在光路中仅影响光程。
棱镜	波片	偏振镜	分光镜	衍射光栅
				
包括直角、五角、道威、屋脊、普罗、角锥、变形、佩林布洛卡、等边色散棱镜等。	又称相位延迟片，是由双折射的材料加工而成，用于调整光束的偏振状态。	是一种利用滤波性来进行光波过滤的镜片。是利用偏振光的特性，以偏振镜片把非金属物体、水面等反光过滤消除的透镜。	用于将入射光以指定比率分割为两条不同光束的光学组件。	通过有规律的结构使入射光的振幅或相位受到周期性空间调制；主要作为分光器件，用于单色仪和光谱仪上。

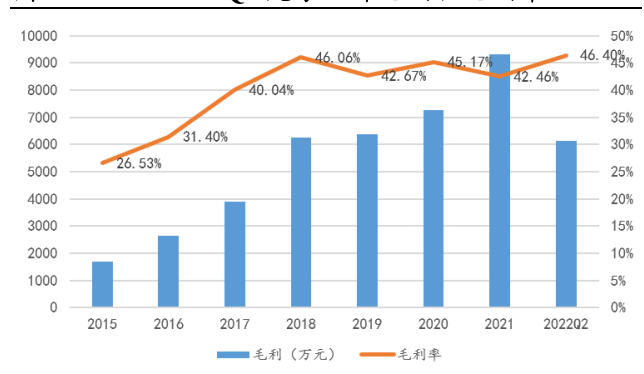
数据来源：公司官网，东北证券

图 34：2015-2022Q2 公司光学元件收入



数据来源：Wind，东北证券

图 35：2015-2022Q2 光学元件毛利、毛利率



数据来源：Wind，东北证券

2022 年 12 月 19 日，公司完成新设全资子公司——福建至期光子科技有限公司（简称“至期光子”）的工商注册登记，注册资本人民币 8000 万元。至期光子经营范围包括电子专用材料的研发、制造、销售，光学仪器的制造、销售，电子元器件制造，及光电子器件的制造与销售。至期光子计划面向分析仪器、检测设备、生命科学、科研等应用高端光学应用领域，开展超精密光学元件等相关产品的研发、制造和销售，如满足高端应用中对平面、球面、非球面等光学元件更高的面型精度、表面粗糙度的需求。随着技术的发展，至期光子的设立将推进光学元件进入精密化阶段，并在高端领域实现更广阔的应用，精密化光学元件有望成为公司未来的业务增长点。

## 6. 盈利预测

公司为全球领先的激光晶体公司，拥有技术与设备的双重优势，主要产品包括非线性光学晶体、激光晶体、激光器件、光学元件等。公司非线性光学晶体全球市占率达 80%，利用现有技术优势不断开发激光晶体新产品，并扩展到光学元件产品，布局超精密化的高端应用领域。我们预计公司 2022-2024 年营业收入分别为 8.61/11.09/14.8 亿元，归母净利润分别为 2.32/2.9/3.77 亿元，参考可比公司锐科激光和帝尔激光 2023 年预期市盈率 32 倍、33.89 倍，给予公司 35 倍 PE，公司 2023 年合理估值为 101.5 亿元，较当前市值 74 亿元有 36.6% 上涨空间，给与公司“买入”评级。

**表 21：福晶科技盈利预测**

		2022	2023	2024
激光光学元器件	收入 (万元)	31772.73	46070.46	69105.70
	毛利 (万元)	13490.70	19561.52	29342.28
	毛利率	42.46	42.46	42.46
非线性光学晶体元器件	收入 (万元)	22821.78	23962.87	25161.01
	毛利 (万元)	16680.44	17514.46	18390.19
	毛利率	73.09	73.09	73.09
激光器件	收入 (万元)	15655.28	18003.58	20704.11
	毛利 (万元)	4226.93	4860.97	5590.11
	毛利率	27	27	27
激光晶体元器件	收入 (万元)	13676.66	20514.99	30772.49
	毛利 (万元)	8446.71	12670.06	19005.09
	毛利率	61.76	61.76	61.76
其他主营业务	收入 (万元)	2200.00	2300.00	2300.00
	毛利 (万元)	1167.32	1220.38	1220.38
	毛利率	53.06	53.06	53.06
合计	收入 (万元)	86126.46	110851.90	148043.31
	毛利 (万元)	44012.10	55827.39	73548.04

## 7. 风险提示

公司产品销售不及预期，导致利润下滑。

**附表：财务报表预测摘要及指标**

资产负债表 (百万元)	2021A	2022E	2023E	2024E
货币资金	293	407	484	552
交易性金融资产	0	0	0	0
应收款项	313	371	442	611
存货	192	220	329	418
其他流动资产	24	29	35	43
<b>流动资产合计</b>	<b>823</b>	<b>1,028</b>	<b>1,291</b>	<b>1,624</b>
可供出售金融资产				
长期投资净额	54	57	61	64
固定资产	374	361	347	331
无形资产	19	21	20	19
商誉	2	2	2	2
<b>非流动资产合计</b>	<b>555</b>	<b>559</b>	<b>551</b>	<b>541</b>
<b>资产总计</b>	<b>1,378</b>	<b>1,586</b>	<b>1,842</b>	<b>2,165</b>
短期借款	0	0	0	0
应付款项	41	49	60	68
预收款项	0	0	0	0
一年内到期的非流动负债	4	4	4	4
<b>流动负债合计</b>	<b>97</b>	<b>118</b>	<b>146</b>	<b>174</b>
长期借款	4	3	3	2
其他长期负债	19	25	28	32
<b>长期负债合计</b>	<b>23</b>	<b>28</b>	<b>31</b>	<b>34</b>
<b>负债合计</b>	<b>120</b>	<b>146</b>	<b>177</b>	<b>208</b>
归属于母公司股东权益合计	1,220	1,388	1,598	1,875
少数股东权益	38	53	67	81
<b>负债和股东权益总计</b>	<b>1,378</b>	<b>1,586</b>	<b>1,842</b>	<b>2,165</b>

利润表 (百万元)	2021A	2022E	2023E	2024E
<b>营业收入</b>	<b>689</b>	<b>861</b>	<b>1,109</b>	<b>1,480</b>
营业成本	312	405	549	769
营业税金及附加	9	9	10	12
资产减值损失	-18	-3	-4	-5
销售费用	10	12	16	21
管理费用	88	103	122	148
财务费用	-2	0	0	0
公允价值变动净收益	9	0	0	0
投资净收益	6	7	8	8
<b>营业利润</b>	<b>219</b>	<b>276</b>	<b>339</b>	<b>436</b>
营业外收支净额	0	1	1	1
<b>利润总额</b>	<b>220</b>	<b>276</b>	<b>340</b>	<b>437</b>
所得税	22	29	36	46
净利润	197	247	304	391
<b>归属于母公司净利润</b>	<b>191</b>	<b>232</b>	<b>290</b>	<b>377</b>
少数股东损益	6	15	15	14

现金流量表 (百万元)	2021A	2022E	2023E	2024E
<b>净利润</b>	<b>197</b>	<b>247</b>	<b>304</b>	<b>391</b>
资产减值准备	21	3	4	5
折旧及摊销	50	38	36	41
公允价值变动损失	-9	0	0	0
财务费用	1	0	0	0
投资损失	-6	-7	-8	-8
运营资本变动	-94	-71	-158	-237
其他	-3	0	-1	0
<b>经营活动净现金流量</b>	<b>155</b>	<b>210</b>	<b>178</b>	<b>193</b>
<b>投资活动净现金流量</b>	<b>-72</b>	<b>-37</b>	<b>-24</b>	<b>-28</b>
<b>融资活动净现金流量</b>	<b>-44</b>	<b>-59</b>	<b>-77</b>	<b>-97</b>
<b>企业自由现金流</b>	<b>77</b>	<b>172</b>	<b>150</b>	<b>160</b>

财务与估值指标	2021A	2022E	2023E	2024E
<b>每股指标</b>				
每股收益 (元)	0.45	0.54	0.68	0.88
每股净资产 (元)	2.85	3.25	3.74	4.39
每股经营性现金流量 (元)	0.36	0.49	0.42	0.45
<b>成长性指标</b>				
营业收入增长率	26.0	25.1	28.7	33.6
净利润增长率	33.2	21.3	24.8	30.2
<b>盈利能力指标</b>				
毛利率	54.7	53.0	50.5	48.1
净利率	27.8	27.0	26.1	25.5
<b>运营效率指标</b>				
应收账款周转天数	84.46	85.00	80.00	78.00
存货周转天数	217.66	183.00	180.00	175.00
<b>偿债能力指标</b>				
资产负债率	8.7	9.2	9.6	9.6
流动比率	8.46	8.72	8.86	9.34
速动比率	6.30	6.66	6.40	6.72
<b>费用率指标</b>				
销售费用率	1.4	1.4	1.4	1.4
管理费用率	12.8	12.0	11.0	10.0
财务费用率	-0.3	0.0	0.0	0.0
<b>分红指标</b>				
股息收益率	0.9	0.9	1.1	1.3
<b>估值指标</b>				
P/E (倍)	42.29	31.96	25.61	19.67
P/B (倍)	6.63	5.35	4.65	3.96
P/S (倍)	11.75	8.62	6.69	5.01
净资产收益率	16.7	16.7	18.1	20.1

资料来源：东北证券

### 研究团队简介:

赵丽明：北京科技大学材料学博士，现任东北证券钢铁行业首席分析师，有多年钢铁生产、市场和设备实业经验。曾在新时代证券、宏源证券、四川信托投资部、中航基金和华夏久盈先后担任研究员和投资经理，2008 年以来具有 13 年证券研究从业经历。

赵宇天：上海财经大学本科，澳大利亚国立大学硕士，2022 年加入东北证券，现任钢铁煤炭新材料组研究助理。

### 重要声明

本报告由东北证券股份有限公司（以下称“本公司”）制作并仅向本公司客户发布，本公司不会因任何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本公司具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。

本报告中的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。报告中的内容和意见仅反映本公司于发布本报告当日的判断，不保证所包含的内容和意见不发生变化。

本报告仅供参考，并不构成对所述证券买卖的出价或征价。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的证券买卖建议。本公司及其雇员不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，在任何情况下，我公司及其雇员对任何人使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。

本公司或其关联机构可能会持有本报告中涉及到的公司所发行的证券头寸并进行交易，并在法律许可的情况下不进行披露；可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务、财务顾问等相关服务。

本报告版权归本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用。如征得本公司同意进行引用、刊发的，须在本公司允许的范围内使用，并注明本报告的发布人和发布日期，提示使用本报告的风险。

若本公司客户（以下称“该客户”）向第三方发送本报告，则由该客户独自为此发送行为负责。提醒通过此途径获得本报告的投资者注意，本公司不对通过此种途径获得本报告所引起的任何损失承担任何责任。

### 分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，并在中国证券业协会注册登记为证券分析师。本报告遵循合规、客观、专业、审慎的制作原则，所采用数据、资料的来源合法合规，文字阐述反映了作者的真实观点，报告结论未受任何第三方的授意或影响，特此声明。

### 投资评级说明

股票 投资 评级 说明	买入	未来 6 个月内，股价涨幅超越市场基准 15% 以上。	投资评级中所涉及的市场基准：  A 股市场以沪深 300 指数为市场基准，新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为市场基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为市场基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为市场基准。
	增持	未来 6 个月内，股价涨幅超越市场基准 5% 至 15% 之间。	
	中性	未来 6 个月内，股价涨幅介于市场基准-5% 至 5% 之间。	
	减持	未来 6 个月内，股价涨幅落后市场基准 5% 至 15% 之间。	
	卖出	未来 6 个月内，股价涨幅落后市场基准 15% 以上。	
行业 投资 评级 说明	优于大势	未来 6 个月内，行业指数的收益超越市场基准。	
	同步大势	未来 6 个月内，行业指数的收益与市场基准持平。	
	落后大势	未来 6 个月内，行业指数的收益落后于市场基准。	

东北证券股份有限公司

 网址: <http://www.nesc.cn> 电话: 400-600-0686

地址		邮编
中国吉林省长春市生态大街 6666 号		130119
中国北京市西城区锦什坊街 28 号恒奥中心 D 座		100033
中国上海市浦东新区杨高南路 799 号		200127
中国深圳市福田区福中三路 1006 号诺德中心 34D		518038
中国广东省广州市天河区冼村街道黄埔大道西 122 号之二星辉中心 15 楼		510630
机构销售联系方式		
姓名	办公电话	手机
公募销售		
华东地区机构销售		
王一 (副总监)	021-61001802	13761867866
吴肖寅	021-61001803	17717370432
李瑞暄	021-61001802	18801903156
周嘉茜	021-61001827	18516728369
陈梓佳	021-61001887	19512360962
屠诚	021-61001986	13120615210
康杭	021-61001986	18815275517
丁园	021-61001986	19514638854
吴一凡	021-20361258	19821564226
王若舟	021-61002073	17720152425
华北地区机构销售		
李航 (总监)	010-58034553	18515018255
殷璐璐	010-58034557	18501954588
曾彦戈	010-58034563	18501944669
吕奕伟	010-58034553	15533699982
孙伟豪	010-58034553	18811582591
陈思	010-58034553	18388039903
徐鹏程	010-58034553	18210496816
曲浩蕴	010-58034555	18810920858
华南地区机构销售		
刘璇 (总监)	0755-33975865	13760273833
刘曼	0755-33975865	15989508876
王泉	0755-33975865	18516772531
王谷雨	0755-33975865	13641400353
张瀚波	0755-33975865	15906062728
王熙然	0755-33975865	13266512936
阳晶晶	0755-33975865	18565707197
张楠淇	0755-33975865	13823218716
钟云柯	0755-33975865	13923804000
杨婧	010-63210892	18817867663
梁家滢	0755-33975865	13242061327
非公募销售		
华东地区机构销售		
李茵茵 (总监)	021-61002151	18616369028
杜嘉琛	021-61002136	15618139803
王天鸽	021-61002152	19512216027
王家豪	021-61002135	18258963370
白梅柯	021-20361229	18717982570
刘刚	021-61002151	18817570273
曹李阳	021-61002151	13506279099
曲林峰	021-61002151	18717828970
华北地区机构销售		
温中朝 (副总监)	010-58034555	13701194494
王动	010-58034555	18514201710
闫琳	010-58034555	17862705380
张煜苑	010-58034553	13701150680