头豹 LeadLeo

400-072-5588

头豹研究院 | 电气设备系列深度研究

2019 年
光纤激光器在中国工业加工领域应用研究

行业走势图



TMT 团队

贾雁 分析师

邮箱：cs@leadleo.com

相关热点报告

- 电气设备系列深度研究——2020 中国通信能源研究报告
- 电气设备系列深度研究——2019 年中国生物质能发电行业精品报告

报告摘要

光纤激光器在中国工业加工领域可应用于切割、焊接、打标、雕刻等环节。作为智能制造、智能探测、增材制造等领域激光设备核心组件，光纤激光器受到市场广泛关注，中国光纤激光器产能多集中于中低端产品，高端原材料、设备对进口依赖程度逐年缓解，头部企业需加大力度布局高端工艺，远期工业加工市场空间大。安扬激光、华日激光等激光器厂商发展迅速，制造工艺持续升级，市场竞争日趋激烈。新材料、新工艺渐趋成熟背景下，低成本、低能耗、高功率光纤激光器将助推新一代工业制造系统建成。

热点一： 工业加工领域光纤激光器存在降本空间

泵浦源及泵浦合束器直接材料成本构成光纤激光器总成本最大比重，厂商可通过提高泵浦器件自主封装、切割能力及核心芯片自产率降低生产成本。

热点二： 光纤激光器技术、材料持续升级

中国工业加工领域光纤激光器制造技术将根据加工环境实际需求及痛点升级，厂商可采用锥形光纤等新型有机材料进一步提高光纤激光器性能。

热点三： 中国厂商聚焦超快光纤激光器

华日激光、安扬激光等厂商集中布局纳秒级、皮秒级、飞秒级光纤激光器。企业以“智造中国光”为理念，与行业学术机构、实验机构建立稳定合作关系，持续在超快激光器领域实现技术突破。

目录

1 方法论 5

1.1 方法论 5

1.2 名词解释 6

2 光纤激光器在中国工业加工领域应用背景 10

2.1 光纤激光器定义及分类 10

2.1.1 光纤激光器定义 10

2.1.2 光纤激光器分类 12

2.2 中国工业加工领域光纤激光器核心技术 13

2.3 中国工业加工领域光纤激光器市场规模 15

3 中国工业加工领域光纤激光器成本结构 21

3.1.1 光纤激光器成本构成 21

3.1.2 光纤激光器成本降低空间 22

4 工业加工领域光纤光纤激光器应用分析 24

4.1 激光切割 24

4.2 激光焊接 26

5 光纤激光器在中国工业加工领域应用发展趋势 29

5.1 制造技术升级，采用材料创新 29

5.2 光纤激光技术产学研一体化推进 30

6 光纤激光器在中国工业加工领域竞争格局分析 33

6.1 工业加工领域光纤激光器市场竞争格局 33

6.2 中国工业加工领域光纤激光器典型企业分析 35

6.2.1 华日精密激光股份有限公司 35

6.2.2 安扬激光技术有限责任公司 36

6.2.3 武汉虹拓新技术有限责任公司 38

图表目录

图 2-1 光纤激光器物理结构简图.....10
图 2-2 泵浦源物理结构简图.....11
图 2-3 光纤激光器分类.....12
图 2-4 工业加工领域光纤激光器核心技术.....15
图 2-5 全球工业激光器销售规模占比，2014-2018 年.....16
图 2-6 中国工业激光器与系统销售规模，2014-2023 年预测.....17
图 2-7 全球光纤激光器销售规模，2014-2023 年预测.....18
图 2-8 全球光纤激光器销售规模占工业激光器销售规模比重，2014-2018 年.....19
图 2-9 全球工业加工领域光纤激光器应用结构，2018 年.....19
图 3-1 锐科激光光纤激光器原材料采购成本构成，2018 年.....21
图 3-2 单位泵浦合束器自主成产与境外采购成本对比，2018 年.....23
图 4-1 激光切割类型及其特点简图.....24
图 4-2 激光焊接类型及其特点简图.....26
图 4-3ARM 光纤技术激光光斑功能切换.....27
图 5-1 背向散射示意简图.....29
图 6-1 全球光纤激光器不同地域市场份额占比及特点.....33
图 6-2 全球范围光纤激光器市场占比，2018 年.....34
图 6-3 中国范围光纤激光器市场占比，2018 年.....34
图 6-4 不同功率光纤激光器国产化率变化，2014-2018 年.....35
图 6-5 华日激光运营亮点简图.....36
图 6-6 安扬激光运营亮点简图.....37

图 6-7 虹拓新技术运营亮点简图.....38

1 方法论

1.1 方法论

头豹研究院布局中国市场，深入研究 10 大行业，54 个垂直行业的市场变化，已经积累了近 50 万行业研究样本，完成近 10,000 多个独立的研究咨询项目。

- ✓ 研究院依托中国活跃的经济环境，从光纤、激光设备、光电器件等领域着手，研究内容覆盖整个行业的发展周期，伴随着行业中企业的创立，发展，扩张，到企业走向上市及上市后的成熟期，研究院的各行业研究员探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业的视野解读行业的沿革。

- ✓ 研究院融合传统与新型的研究方法，采用自主研发的算法，结合行业交叉的大数据，以多元化的调研方法，挖掘定量数据背后的逻辑，分析定性内容背后的观点，客观和真实地阐述行业的现状，前瞻性地预测行业未来的发展趋势，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。

- ✓ 研究院密切关注行业发展最新动向，报告内容及数据会随着行业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入，保持不断更新与优化。

- ✓ 研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，从战略的角度分析行业，从执行的层面阅读行业，为每一个行业的报告阅读者提供值得品鉴的研究报告。

- ✓ 头豹研究院本次研究于 2019 年 08 月完成。

1.2 名词解释

- **光纤放大器：**指运用于光纤通信线路中，通过中继放大、前置放大和功率放大实现信号放大的一种新型全光放大器，是全光通信的技术基础。光纤放大器属于传感器类元件，相较传统半导体激光放大器，无需经过光电转换、电光转换和信号再生等复杂过程，可直接对信号进行全光放大，透明性较强，更适用于长途光通信中继放大。
- **稀土元素：**17 种特殊元素统称，包括镧、铈、镨、钕、钷、钐、铕、钆、铽、镝、钬、铒、铥、镱、镥、钇和钪。
- **光栅：**由大量等宽、等间距平行狭缝构成的光学器件。
- **能级：**根据玻尔理论，原子核外电子可能呈现不连续状态，导致各状态对应能量不连续。不连续能量于不同能层（K、L、M、N、O、P、Q）形成不同形状电子云，进而构成能级，代表不同电子所处相应等级。
- **粒子数反转：**是激光产生的前提。通常低能级原子数大于高能级原子数，该情况下无法产生激光。为得到激光，设备需将处于基态的高能级原子激发至亚稳态，使高能级原子数大幅超过低能级原子数，在高、低能级之间实现粒子数反转，进而发生受激辐射。
- **反馈回路：**由两个以上的因果链首尾相连形成的闭合回路。
- **基态：**正常状态下，原子处于最低能级时，电子在离核最近的轨道上运动的定态。
- **相干：**物理学中，相干性指波在传播时，物理量在不同地点或不同时间的相关特性。
- **单模光纤：**一种光纤传输设备，由纤芯、包层、涂敷层构成。纤芯由高度透明材料制成。
- **阈值：**临界值，指一种效应能够产生的最低值或最高值。
- **钇铝石榴石：**由三氧化二钇（Y_2O_3）和氧化铝（Al_2O_3）反应生成的复合氧化物，是性能优越的激光晶体，波长 1,064 纳米，应用于军事、工业、医疗等行业激光设备。
- **色散：**复色光分解为单色光形成光谱的现象。复色光通过光栅或干涉仪时，受到光的衍

射和干涉作用，导致各种色光分散。光纤色散可分为材料色散、波导色散、折射率分布色散等，可导致传输信号失真。

- **kHz：**千赫兹，声音每秒钟振动频率单位。1kHz 等于 1,000Hz。
- **频谱：**频率谱密，频率分布曲线。复杂振荡分解为振幅不同和频率不同的谐振荡，所有谐振荡幅值可按频率排列成频谱图形。
- **DFB：**分布式反馈激光器，内置布拉格光栅，属于侧面发射半导体激光器。分布式反馈激光器最大特点是具有强单色性（光谱纯度），高边模抑制比，其线宽普遍介于 1MHz 内。
- **偏振光：**光波振动方向与传播方向不一致的光。
- **锁模：**一种用于产生极短时间激光脉冲的技术，脉冲时间短至皮秒（10 负十二次方秒）、飞秒（10 负十五次方秒）。
- **主动锁模光纤激光器：**在激光腔内插入主动调制器件或通过外界相关脉冲注入实现锁模的激光器。
- **被动锁模光纤激光器：**一种高效波长转换器，可将泵浦光波长转换为掺稀土离子激射波长。
- **热效应：**在反应温度下，体系在变化过程中放出或吸收的热量。
- **双折射等效应：**当任意光束照射到双折射材料表面时，光的偏振和传播方向折射率之间产生最大差异的效应。
- **激光连续输出：**激光器开启后，输出不中断激光能量，能量大小恒定。
- **激光脉冲输出：**激光器将一个单位时间内的激光能量压缩至更短时间内输出，可实现瞬间高能量输出。
- **W：**辐亮度，表示单位投影面积、单位立体角上的辐射通量。

- **KW**：功率单位，早期作为电的功率单位，现延伸为整个物理学领域功率单位。
- **COS**：Chip Operating System，控制智能卡和外界信息交换的芯片，可管理智能卡内的存储器并在卡内部完成各种命令处理。
- **热沉**：工业上指用来冷却电子芯片的微型散热片装置。
- **Q 开关**：一种脉冲激光产生技术，相对锁模方式，Q 开关技术重复率高，脉冲能量较强，脉冲持续时间长。
- **熔池**：熔焊时焊件上所形成的具有较为规整几何形状的液态金属部分。
- **点焊**：焊接时利用柱状电极，在两块搭接工件接触面之间形成焊点的焊接方法。
- **叠焊**：多层多道焊接，指由两条以上焊道和两层以上焊层完成整条焊缝的焊接方法。
- **对接焊**：将焊件分别置于两夹紧装置之间,使其端面对准,在接触处通电加热进行焊接的方法。
- **密封焊**：保证换热管与管板连接密封性能的焊接方法，主要用于防止流体渗漏的焊缝。
- **瑞利散射**：光学现象中散射的一种情况。瑞利散射模式下，粒子尺度小于入射光波长时，光源各方向散射光强度不同，散射强度与入射光的波长四次方成反比。
- **皮秒**：Pico-second，时间单位，等于一万亿分之一秒。
- **飞秒**：Femto-second，毫微微秒，时间单位，等于一千万亿分之一秒。
- **掺杂光纤**：有杂质掺入的光纤纤芯，可导致光纤改性，出现光折变等效应。
- **千人计划**："海外高层次人才引进计划"简称，由中央人才工作协调小组发布。围绕国家发展战略目标，各省（区、市）结合本地区经济社会发展和产业结构调整需要，有针对性地引进一批海外高层次人才。
- **红外线**：波长介于微波与可见光之间的电磁波，波长介于 1 纳米至 760 纳米之间。
- **紫外线**：电磁波谱中波长在 10 纳米至 400 纳米之间的光辐射，具备灭菌等作用。

- **偏振仪：**用于监测荧光强度、荧光偏振、时间分辨荧光的化学发光仪器。
- **脉冲：**电子技术中一种脉搏式短暂起伏的电冲击（电压或电流），具备波形、幅度、宽度、重复频率等特性。
- **耦合：**在电子学和电信领域，耦合指能量从一个介质（金属线、光导纤维等）传播到另一种介质的过程。

2 光纤激光器在中国工业加工领域应用背景

2.1 光纤激光器定义及分类

2.1.1 光纤激光器定义

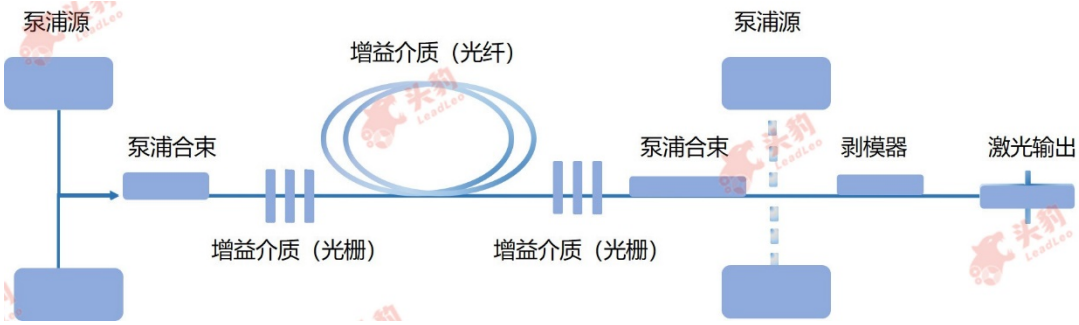
光纤激光器以光纤放大器为基础开发制成，是包括增益介质（光纤）、泵浦器件、谐振腔等组件的可稳定输出激光的受激辐射光放大装置。

光纤激光器产生初期多用于空间通信领域，其高速率波分复用通信系统具备巨大优势。得益于大功率激光输出优势，光纤激光器逐渐被大规模应用于工业切割、工业焊接等工业加工领域，市场前景广阔。

（1） 物理结构分析

光纤激光器在结构上与固体激光器、气体激光器等装置类似，包括增益介质、泵浦源、谐振腔等（见图 2-1）。

图 2-1 光纤激光器物理结构简图

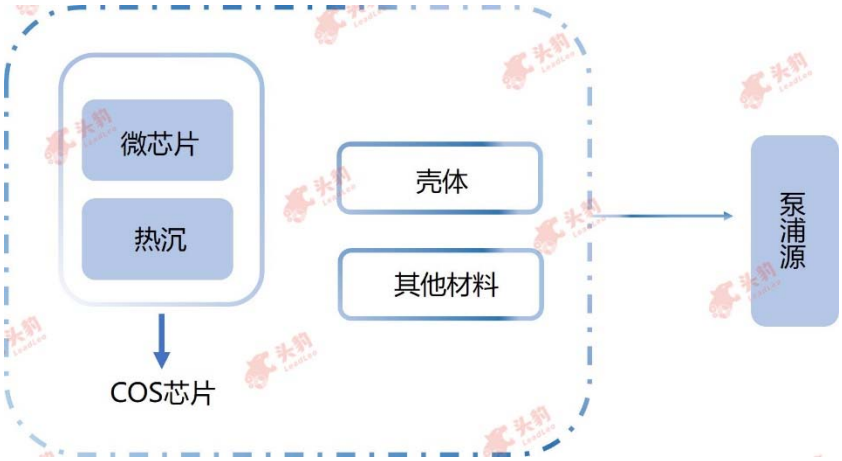


来源：头豹研究院编辑整理

增益介质：光纤激光器增益介质包括晶体光纤、塑料光纤、掺稀土元素玻璃光纤等，所掺杂稀土元素包括铒、铥、镱等，玻璃介质包括硅、氯化钴等。部分低功率光纤激光器以普通非线性光纤为增益介质。

泵浦源：光纤激光器以光泵浦为泵浦方法，泵浦源多为高功率半导体激光器。泵浦源在物理结构上包括 COS 芯片、壳体及其他材料（见图 2-2）。

图 2-2 泵浦源物理结构简图



来源：头豹研究院编辑整理

谐振腔：光纤激光器谐振腔可分为直线型谐振腔及环形谐振腔两种，在物理结构上包括光纤、光栅等光学反馈元件及耦合器等调制器件。

（2） 工作原理分析

光纤激光器工作原理实际为波长转换机理，是将泵浦光波长转换为激光波长。装置内泵浦源产生泵浦光，光通过光纤时，光子能量被光纤所含稀土原子吸收，稀土原子电子受到激励产生更高能级，通过电子高、低能级之间粒子数反转，最终在谐振腔反馈回路中形成激光震荡输出。

其中，粒子数反转是稀土原子电子从基态变为激发态的过程，包括受激辐射和自发辐射两种。**受激辐射相对优于自发辐射，可产生同频率、同相位辐射能量，提高激光相干性能。**为保证受激辐射持续发生，泵浦源需持续提供光能量保证受激稀土原子电子存在两个或两个以上能级。

光纤激光器输出激光包括连续输出和脉冲输出等形式，连续输出需较高粒子数反转，脉冲输出对粒子数反转需求较低。

（3） 优点分析

电光转换效率较高：光纤激光器以半导体激光器为泵浦源，依托稀土元素特性，可实现较高光电、电光转换效率，转换率平均可达 20%以上。以掺镱高功率光纤激光器为例，其

泵浦源为 915 至 975 纳米半导体激光器，可有效存储能量，维持高功率光电转化效果。

散热性能较强：光纤激光器依托稀土元素光纤为增益介质，光纤表面积和体积相对传统激光器较大，有利于散热，进而降低因热效应导致光束质量下降的激光失效概率。

输出功率较高：光纤具备天然波导结构，有利于激光能量单模输出。单模环境下，激光能量无竞争横模，可进行稳定振荡。光纤激光器激光输出功率可高达 100KW。

此外，光纤激光器还具备体积较小、结构紧凑、兼容性好、阈值低等优点。

2.1.2 光纤激光器分类

光纤激光器可从物理结构、能量输出方式等角度出发，按增益介质、谐振腔结构、光纤结构、输出波长等方式划分类别（见图 2-3）。

图 2-3 光纤激光器分类



来源：头豹研究院编辑整理

（1） 按增益介质分类

晶体光纤激光器：晶体光纤激光器以激光晶体光纤为增益介质，包括红宝石单晶体光纤激光器、钇铝石榴石单晶体光纤激光器等。该类激光器具备单模特性，在光信号色散控制方面具备优势。

非线性光学光纤激光器：以喇曼散射光纤激光器、受激布里渊散射光纤激光器为代表的非线性光学光纤激光器具备较高光电转化效率，其输出激光能量较为稳定，并可通过光学系统实现激光全耦合。其中，喇曼散射光纤激光器通过谐振腔单模震荡可限制频谱宽度至1.5kHz 左右。

稀土掺杂光纤激光器：该类激光器增益介质为掺杂稀土元素光纤，基质包括石英玻璃、氯化钻玻璃等。

塑料光纤激光器：该类光纤激光器以塑料光纤为增益介质，塑料光纤纤芯或包层内部掺有激光染料。

（2） 按谐振腔结构分类

光纤激光器谐振腔包括环形腔、环路反射谐振腔、8 字型腔、DFB 等结构。

（3） 按光纤结构分类

光纤可按结构分为单包层光纤、双包层光纤、光子晶体光纤、特种光纤等。单位包层外直径介于 100 微米至 200 微米之间。特种光纤用于特定波长，或用于保持偏振光独立、稳定传播。使用不同光纤结构的光纤激光器可用于不同工业加工领域。

（4） 按输出激光特质分类

光纤激光器输出激光方式包括连续输出、脉冲输出等。其中，脉冲输出激光器可根据脉冲宽度不同细分为 Q 开关光纤激光器及锁模光纤激光器等。

2.2 中国工业加工领域光纤激光器核心技术

光子晶体光纤技术：中国光纤激光器光子晶体技术已初步在光纤微结构设计及相关制备工艺方面取得成果，并获取技术相关自主知识产权。

新型光子晶体光纤包括非线性高功率光子晶体光纤、色散平坦光子晶体光纤、大模场单模光子晶体光纤、双包层掺镱光子晶体光纤、掺铒光子晶体光纤等。该类新型光纤克服了传

统光纤在光学领域的限制，可产生双折射等效应，有益于光偏振器件性能提升和高功率超快激光能量输出。

例如大模场单模光子晶体光纤纤芯平均直径大于 50 微米，可于皮秒脉冲光纤激光器中实现突破 100 瓦的功率输出。光子晶体光纤技术为中国发展高能量超快脉冲光纤激光器奠定了材料基础，可满足工业加工领域对高能量激光输出的需求。

掺稀土光纤技术：掺稀土元素光纤是较为常见的光纤激光器增益介质，所掺杂元素多为镱、铒、铥。

掺杂不同元素光纤激光器具备不同优势，如掺镱光纤可自动启动锁模，实现高能量飞秒激光脉冲输出。双包层掺铥光纤可实现 100W 以上中红外激光输出。双包层掺镱光纤可维持较稳定单模特性，并与光子晶体技术结合，提高纤芯直径长度至 80 微米。

掺稀土元素光纤技术为光电子器件创新奠定了基础，多数掺稀土光纤激光器已实现商用化，多应用于工业加工场景下激光微材料加工、金属材料切割、焊接等环节。

能量传输光纤技术：高能量光纤以光子作为载体产生能量光电子，应用于激光器设备中，可提高激光损伤阈值，具备较好光透过率。该技术对光纤断面处理精度要求较高。

相较传统固体、气体、液体激光器，使用能量传输技术的光纤激光器具备传输功率损耗小、操作简便的特点。光纤材料延展性能好，可根据具体应用需求对特定部位进行任意延伸。

能量传输光纤技术在工业加工领域可应用于材料表面热处理、焊接、切割等加工环节，是高功率激光器发展必备技术之一。

当前中国市场自主研发高功率激光器中单根光纤承受激光功率已突破 1KW，应用范围从工业环境拓展至太阳能光伏行业、国防军事等领域。

图 2-4 工业加工领域光纤激光器核心技术

	光子晶体光纤	掺稀土光纤	能量传输光纤
类型	• 色散平坦光子晶体光纤 • 大模场单模光子晶体光纤 • 其他	• 掺镱光纤 • 掺铒光纤 • 其他	• 激光能量传输光纤
特点	• 双折射光学效应 • 功率超快激光	• 自动启动锁模 • 高能量超快激光	• 损伤阈值高 • 光透过率高 • 能量传输损耗低
应用领域	• 激光切割 • 激光雕刻	• 微材料加工 • 激光切割 • 激光焊接	• 材料表面热处理 • 激光切割 • 激光焊接

来源：头豹研究院编辑整理

3 工业加工领域光纤激光器应用现状

（1） 全球范围工业激光器市场规模占比稳步提升

2014 年，全球范围工业激光器市场规模占整体激光器市场规模比重接近 28%。2014 年至 2018 年间，该比重保持稳步增长态势（见图 3-1）。

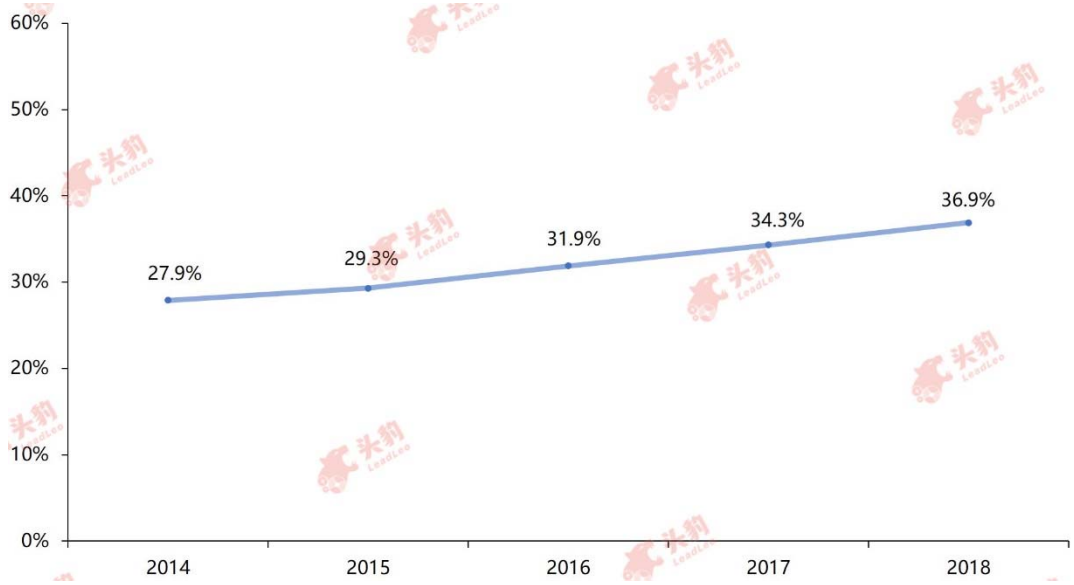
工业激光器销售规模相对高于其他应用领域激光器销售规模主要得益于以下因素：

① 全球范围制造业趋于智能化、高效化，工业加工系统及厂商对加工设备要求升级。

② 全球范围终端市场对工业加工产品品质要求不断提升。

③ 激光器行业产业链垂直整合程度加深，工业激光器设备商充分把握上游核心技术与下游市场需求。

图 3-1 全球工业激光器销售规模占整体激光器规模比例，2014-2018 年



来源：头豹研究院编辑整理

(2) 中国工业激光器销售规模稳健提升

工业加工是激光器、激光设备核心应用领域之一，激光加工方式替代传统机械加工方式程度加深、范围变大。全球范围内，工业激光器占激光器整体市场份额比重逐年攀升，截至 2018 年底，该比重突破 35%。

工业市场对激光设备需求可有效推动激光器行业市场规模提升和工艺水平进步。2018 年底，中国工业激光器与系统销售规模突破 650 亿元，并将在工业智慧设备创新势头带动下保持较快增长，预计于 2023 年突破 2,100 亿元（见图 3-2）。

图 3-2 中国工业激光器与系统销售规模，2014-2023 年预测



来源：头豹研究院编辑整理

中国工业加工激光器及其系统销售规模将于未来五年实现突破的因素包括但不限于以下几点：

① 增材制造领域受资本市场关注，3D 打印设备市场持续扩张，对激光器需求激增。

② 光纤激光器优势显著，广受厂商欢迎。中国厂商研发出功率超过 6 千瓦的高功率光纤激光器，有望颠覆境外厂商定价权。

（3） 全球光纤激光器市场规模

2014 年至 2018 年间，随工业场景材料加工、医疗美容、增材制造等领域对激光设备数量和性能要求提高，全球范围光纤激光器销售规模高速增长，年复合增长率接近 30%。截至 2018 年底，全球光纤激光器销售规模突破 26 亿美元。基于激光器制造工艺、装备水平发展态势，预计 2020 年全球光纤激光器销售规模将接近 35 亿美元（见图 3-3）。

图 3-3 全球光纤激光器销售规模，2014-2023 年预测



来源：头豹研究院编辑整理

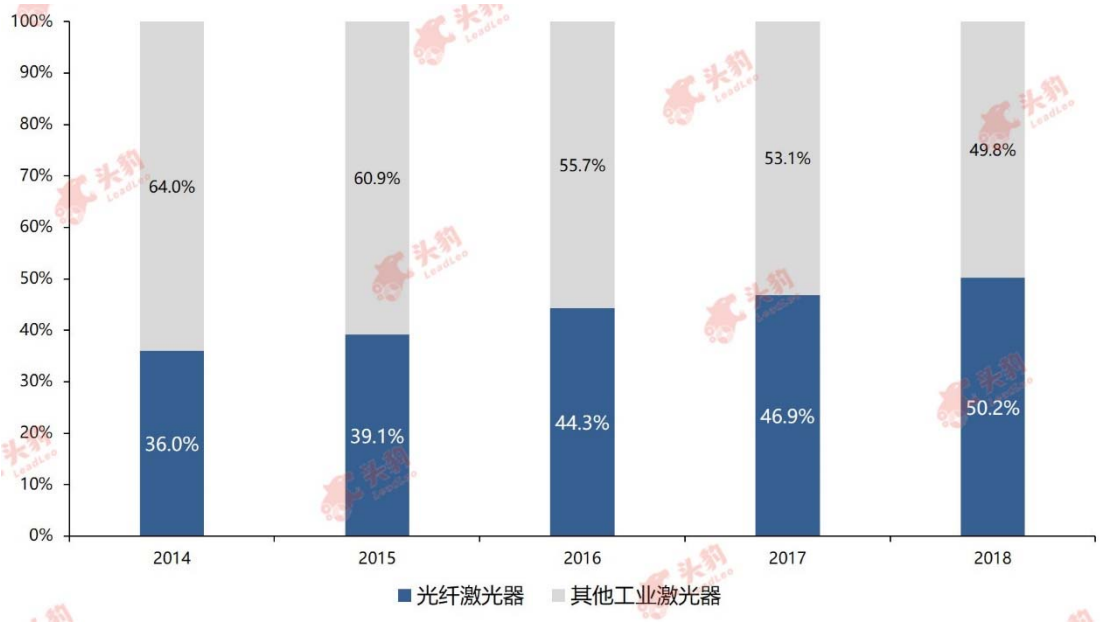
（4） 光纤激光器占工业激光器比重持续走高

传统工业加工领域多使用固体激光器，存在能耗高、光电转化效率低、设备冷却慢、加工成本高等问题。相对固体激光器及装备系统，光纤激光器结构简单，光电转化效率高，可依托光纤材质实现良好散热效果，大幅降低工业加工成本与设备维护成本。

光纤激光器在金属切割、打标、焊接、雕刻等方面已成为较为理想的主流加工光源，并在医疗、军事、航空航天等领域应用深化。

2014 年，全球范围光纤激光器销售规模占整体工业激光器销售规模比重突破 35%。2016 年，该项比重接近 45%，且于 2018 年底突破 50%（见图 3-4）。依托光纤激光器在效率、能耗等多方面的优势，结合固体激光器性能较难突破的背景，未来光纤激光器销售占工业激光器整体销售比重有望保持较快增长速度。

图 3-4 全球光纤激光器销售规模占工业激光器销售规模比重，2014-2018 年

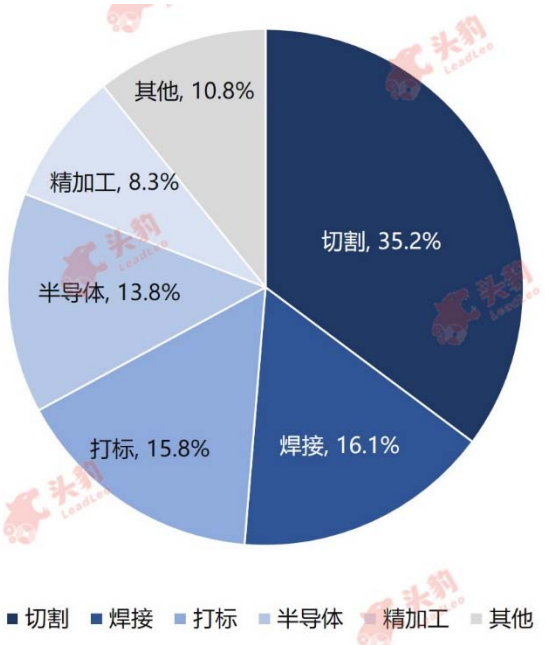


来源：头豹研究院编辑整理

(5) 工业加工领域光纤激光器应用结构

工业加工领域光纤激光器可用于微材料加工和宏观材料加工。从加工工艺角度分析，光纤激光器可实现切割、打标、金属焊接、精加工等功能。其中，材料切割和金属焊接领域具备较为成熟的激光加工设备应用基础，是光纤激光器应用较多的工业加工环节。

图 3-5 全球工业加工领域光纤激光器应用结构，2018 年



来源：头豹研究院编辑整理

截至 2018 年底，用于切割工艺的光纤激光器数量占比超过整体工业加工领域光纤激光

器数量 35%，焊接工艺、打标工艺应用水平居于其后。金属精加工领域光纤激光器应用规模占比不足 9%，但远期有望随激光器创新、加工系统升级而实现突破，充分发挥光纤激光器各方面优势，提升工艺加工精细度（见图 3-5）。

4 中国工业加工领域光纤激光器成本结构

4.1.1 光纤激光器成本构成

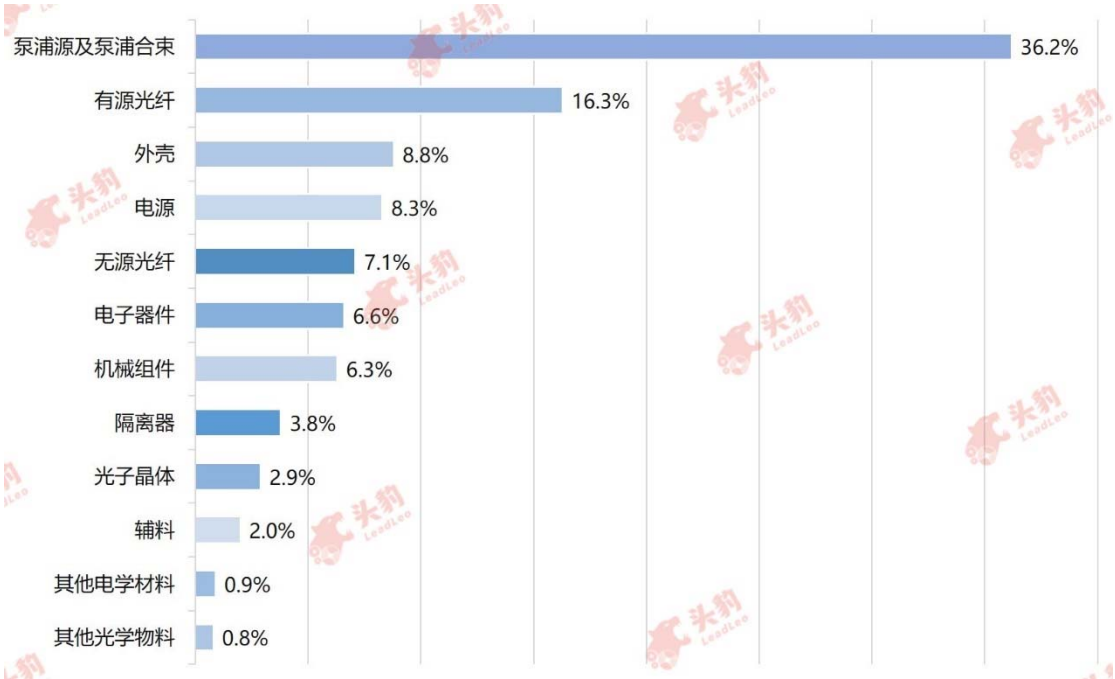
光纤激光器生产成本包括直接材料采购成本、加工制造成本、人工及管理成本。直接材料成本约占总成本 75%以上，制造加工成本约构成 10%以上。

直接材料成本构成：工业加工领域光纤激光器原材料成本由光学材料、电学材料及其他机械件采购成本构成。

以锐科激光为例，其光纤激光器生产线光学材料采购成本占总成本超过 60%，其中有源光纤占比超 16%，无源光纤占比约 7.1%。**泵浦源及泵浦合束器材料占总成本比重最大，且随泵浦组件和芯片自主生产能力逐年变动**（见图 4-1）。

包括光子晶体、电子材料、外壳和其他辅助器件在内的机械组件材料采购成本平均构成总成本约 30%。

图 4-1 锐科激光光纤激光器原材料采购成本构成，2018 年



来源：头豹研究院编辑整理

成本分摊方式：

（1） 规模效应分摊：企业生产规模越大，平均分摊至单位人工成本越低。生产规模扩大还可有效分摊直接材料成本及光纤激光器加工制造成本。

（2） 自主生产分摊：随中国厂商逐渐在光纤激光器核心零部件领域达到自产能力，生产成本进一步降低，有助于抵抗低价竞争带来的毛利率降低等不利影响。

4.1.2 光纤激光器成本降低空间

泵浦源及泵浦合束器件直接材料成本构成光纤激光器总成本最大比重，厂商可通过提高泵浦器件自主封装、切割能力及核心芯片自产率进一步降低生产成本。

自主封装：厂商可先突破 COS 芯片自主封装技术，以此为基础逐渐掌握热沉技术、微芯片技术。以创鑫激光为例，该公司结合 COS 芯片自主封装与泵源采购，泵浦源生产成本降低 15%以上。厂商通过导入大功率芯片，将泵浦源生产成本进一步降低约 40%以上，无需向境外头部激光器厂商 Lumentum 采购泵浦源。

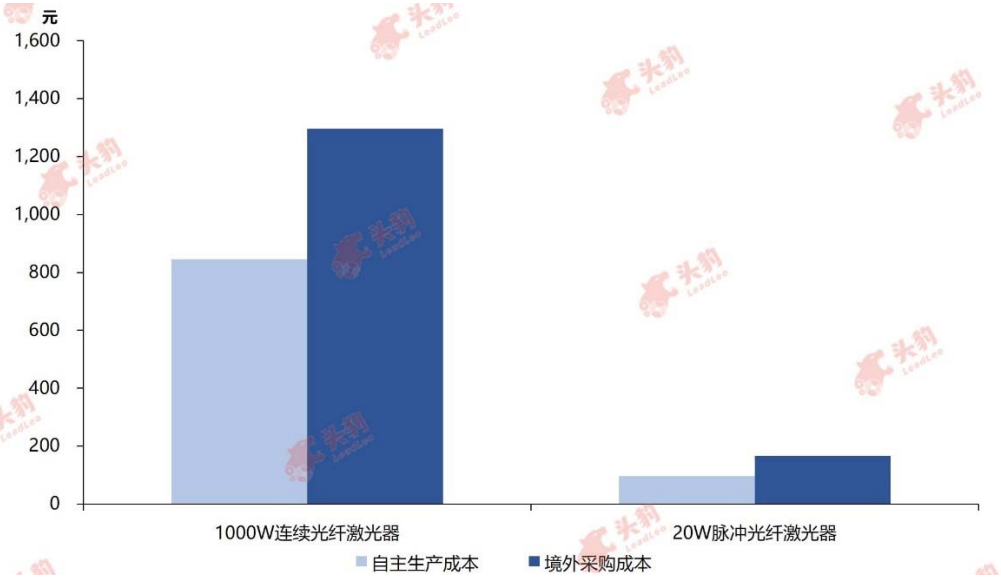
自主切割：单个芯片生产流程需通过切割方式形成裸芯片，平均每单位芯片基础材料可切割成约 20 个芯片。厂商通过直接采购基础材料自行切割，相对直接购买单个芯片可降低成本约 15%。

光纤光栅自主供应：相对从境外市场采购光纤光栅成品，中国厂商通过自主生产光纤光栅可降低材料成本。以锐科激光为例，通过掌握光纤光栅关键技术并自主生产，锐科激光已可实现光纤激光器规模化生产。创鑫激光光纤光栅自主生动产率已高达约 45%，以 14/250 型号光纤光栅为主，大幅替代境外同型号材料。

合束器转型：合束器可通过熔融拉锥方法将多束光纤合成一根光纤，可集合多根低功率光纤形成高功率光纤，在类型上包括泵浦合束器及功率合束器。其中，基于反向泵浦技术的泵浦合束器技术难度较高，厂商通过加强研发反向泵浦技术，可大幅提高光纤激光器功率，提高产品毛利率。相对境外采购方式，自主研发泵浦合束器可有效降低材料成本。

以 1,000W 连续光纤激光器和 20W 脉冲光纤激光器为例，自主制造合束器成本相对境外采购成本平均降低约 40%（见图 4-2）。

图 4-2 单位泵浦合束器自主成产与境外采购成本对比，2018 年



来源：头豹研究院编辑整理

5 工业加工领域光纤光纤激光器应用分析

5.1 激光切割

工艺原理：激光切割是工业加工领域光纤激光器集中应用模式之一，光纤激光器切割属于热切割。激光切割作业原理为激光器产生激光能量聚焦于不同材料表面，提升材料表面温度至熔点、沸点或汽化点使材料熔化、烧蚀、汽化，再由同轴喷嘴组件高速喷出辅助氧化物气体或金属液体，最终于材料切槽处形成切口。

工艺分类：激光切割方式包括激光汽化切割、激光熔化切割、激光氧化切割及激光划片、控制断裂四种类型（见图 5-1）。其中激光氧化切割作业所需功率最低，切割速度高于激光汽化切割和激光熔化切割，可有效应对易氧化金属材料。激光划片、控制断裂切割激光器是创新型光纤激光器，在物理结构上包括 Q 开关。

图 5-1 激光切割类型及其特点简图



来源：头豹研究院编辑整理

工艺优势：光纤激光切割工艺相较其他热切割工艺在切割质量、速度、损耗、环境友好等方面具备多元优势。

（1） 切割速度优势

工业加工领域光纤激光设备切割速度平均可达气体激光器切割设备切割速度 2.5 倍，尤

其适用于背向反射度较高、厚度大的金属材料。

以功率为 1,200W 光纤激光器为例，该类激光器作用于厚度在 1.5 毫米以上的低碳钢板材料时，平均切割速度超过 500 厘米每分钟，作用于厚度在 4.5 毫米以上的聚丙烯树脂版材料时，平均切割速度超过 1,500 厘米每分钟。

此外，因光纤较为细长、可延展等特性，光纤激光器在切割过程中，无需固定装置，可大幅降低工艺加工领域辅料成本。

（2） 切割质量优势

光纤激光器普遍具备激光光斑小、能量密度较高的特点，可有效提升切割质量。

经光纤激光器作用的激光切口较窄，切缝与材料表面垂直度较高，切割精度平均可达约 0.5 毫米。因切口较为窄细，材料切口表面平滑光洁，粗糙度平均不超过 100 微米，切缝横截面较多呈现长方形。

光纤激光切割受热影响程度较低，切口附近材料较少受到影响，零部件不变形。经光纤激光器切割的工业零部件无需传统机械打磨工具处理，可直接用于组装环节。

（3） 应用范围及能耗优势

光纤激光器可广泛作用于金属、非金属、金属基、非金属基、皮革、木材、纤维等材料，技术工人可根据不同材料表面热物理性对激光能量吸收程度不同，调整激光切割适应性。

光纤激光器光电转化率平均超过 30%，相较而言，气体激光器光电转换率不超过 15%，固体激光器光电转换率低于 5%。固体激光器、气体激光器受制于组件体积、密度特性，较难通过延展材料提升光电转换效率。光纤激光器则可根据工艺场景需求，延展光纤光栅组件，降低综合成本及维护成本 10%。

当前，光纤激光切割设备配置成本相对其他热切割工具较高，需光纤激光器生产厂商提高关键组件自产率，扩大生产规模以降低工业场景激光切割设备采购成本，扩大应用范围。

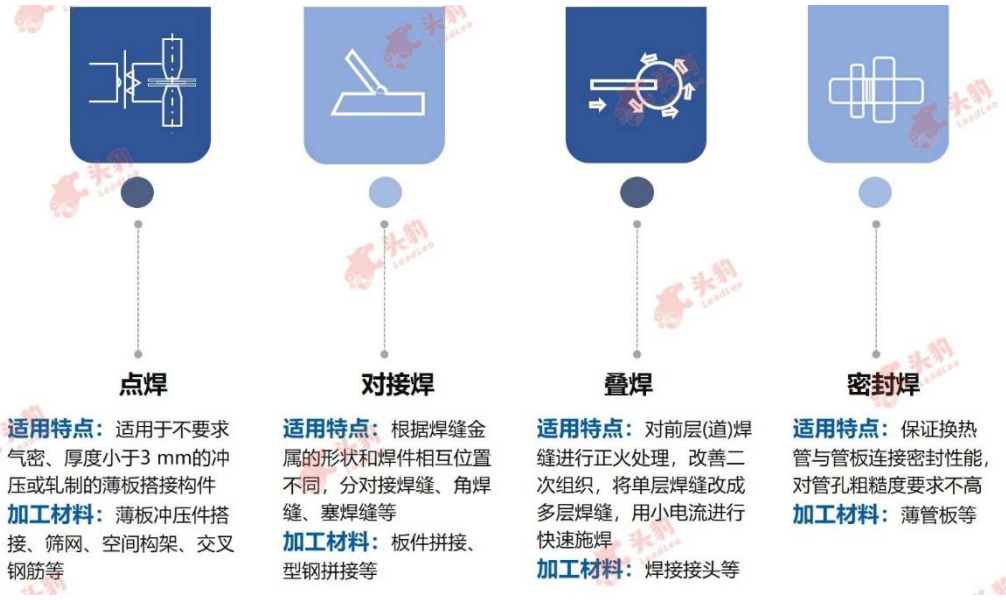
5.2 激光焊接

工艺原理：工业加工领域光纤激光器焊接工艺以非接触式加工为特点，通常以振镜扫描方式进行焊接。基本工作原理为通过高能量光纤激光脉冲加热材料表面局部，激光能量以热传导形式向材料内部扩散，材料内部吸收辐射产生液态熔池，再将熔池延固体表面移动，逐渐消除初始焊缝。

光纤激光器焊接工艺多作用于体积较小、精密度较高的薄壁材料。其中，脉冲输出光纤激光器可产生毫秒量级脉冲，其峰值功率相对连续输出光纤激光器峰值功率高 10 倍，电光转换效率更高，有利于工业焊接领域高效作业。

工艺分类：按作用材料分类，光纤激光器焊接工艺可分为金属焊接和聚合物焊接。按焊接方式，光纤激光器焊接工艺包括点焊、叠焊、对接焊、密封焊等（见图 5-2）。

图 5-2 激光焊接类型及其特点简图



来源：头豹研究院编辑整理

工艺优势：光纤激光器应用于焊接工艺有多重优势。

（1） 激光特点：光斑细、聚焦集中，可针对具体加工、匹配精度要求，以双焦点、多焦点、摆动焊接等方式保证焊接过程稳定性，提高焊接质量。

（2） 作业特点：可精确控制激光轨道，定位精度较高，焊接速度较快，高度支持自

动化。

（3） 效果特点：焊接面光滑度高、较为平整美观，焊缝宽度窄、无气孔，无需二道焊接工序，仅需简单处理即可用于组装环节。

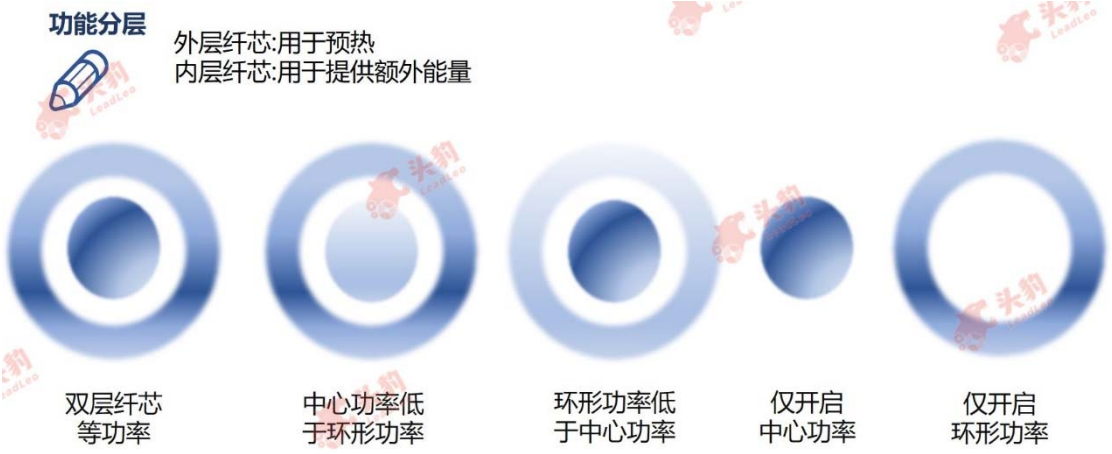
（4） 材料特点：工业加工领域光纤激光器可用于处理焊接难度较高的材料。以铝板材料焊接过程为例，铝板焊接多发生在锂电池外壳加工环节，为防止电池内部水与锂发生反应损坏设备，铝板焊接环节对气密性要求较高，需严格防止水分渗漏。**传统焊接较难控制焊接过程金属液体飞溅现象，光纤激光器可有效控制材料表面金属液体移动轨迹，提升焊接质量。**

工艺创新：光纤激光器焊接工艺创新可以 ARM 光纤技术为例。**该技术以 ARM 新型光纤为基础，主要针对工业加工领域高速金属加工环境，为焊接过程飞溅现象提出解决方案。**理想条件下，该技术可在保持光纤激光器高输出功率优势的前提条件下大幅消除飞溅问题。

（1） 物理结构：

ARM 光纤在物理结构上不同于传统光纤，具备两层纤芯。具体结构为外部包层、环形外层纤芯、中心圆形内层纤芯。

图 5-3ARM 光纤技术激光光斑功能切换



来源：头豹研究院编辑整理

ARM 光纤技术以双层纤芯结构为基础配置，可提供五种独立光纤激光聚焦光斑模块（见

图 5-3)。在双层纤芯等功率模式下，光纤激光器总输出功率最高可达 10KW。内层纤芯与外层纤芯工作模式可根据具体需求做独立调整，提高重复工作频率至 5kHz。基于该技术配置模式，光纤激光器内部光束与外部光束之间可形成多元组合方式。

（2） 作业原理

进行具体焊接作业时，ARM 光纤技术可使外部光环对材料进行预热，再由内部光环提供额外能量进行焊接。内外结合作业模式可有效控制熔池动态，分散激光能量至更大面积，以更大面积熔池降低材料表面温度陡峭度，进而大幅降低飞溅问题。

（3） 具体案例

以厚度为 1.25 毫米的厚镀锌钢板为例，采用 ARM 光纤技术光纤激光器焊接该种材料时，可显著减少焊缝间隙和气孔，形成均匀焊缝。

6 光纤激光器在中国工业加工领域应用发展趋势

6.1 制造技术升级，采用材料创新

在中国光纤激光器行业内有 10 年以上市场运营和经营管理经验的行业专家对工业加工领域光纤激光器未来发展方向提供指导观点。该专家曾担任中国光纤激光器行业排名前 10 公司全球大客户总监职位，对光纤激光器切割工艺、紫外激光技术发展历史、市场现状、技术趋势有较为成熟的认知。

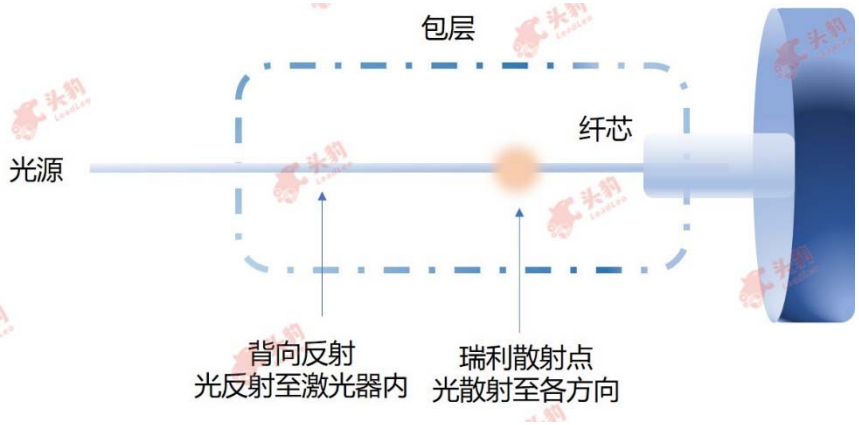
该位专家指出，中国工业加工领域光纤激光器制造技术将根据加工环境实际需求及痛点升级，厂商可采用锥形光纤等新型有机材料进一步提高光纤激光器性能。技术与材料升级、创新具体案例分析如下。

（1） 制造技术升级案例

① 背向反射保护技术

光纤激光器作用于金属材料易产生激光背向反射现象，导致激光束通过输送光纤反射至光纤激光器内部，造成激光损坏、模块损坏等不良后果（见图 6-1）。

图 6-1 背向散射示意简图



来源：头豹研究院编辑整理

背向反射保护技术可通过专用剥离器分散或消耗反射激光。当前该技术已在千瓦级光纤激光器中初步通过测试，远期将在加工环节得到落实。

② 智能化调谐系统技术

以多通道可调谐光纤激光器为例，该类激光器采用波长选择开关光学滤波技术，可有效进行光纤分束，当前已制成 1,530 纳米至 1,560 纳米增益范围内 32 个通道可调谐激光输出模块。

以远程智能控制系统为例，通过采用高速通信技术和数据处理系统，工业加工技术人员可远程诊断光纤激光器作业问题，指导远程维修，统计数据。实时监测系统有助于提前发现加工器件、产品潜在故障。

（2） 材料创新案例：

① 有机非线性复合薄膜材料

光纤激光器制造厂商可将聚酰胺酸掺杂至有机化合物溶液获得有机复合溶液，通过梯度升温技术作用于复合溶液形成有机非线性复合薄膜。该种薄膜属于有机光学材料，可进一步合成具有良好光学性能的光电子器件，应用于新型有机光纤激光器。

② 锥形光纤材料

锥形光纤基于熔融拉锥系统制成，不同直径锥形光纤具备不同传输特性，可接入环形谐振腔制成锥形光纤激光器。锥形光纤材料更有利于控制激光偏振，可于 1,563 纳米至 1,565 纳米波长范围内实现有效调谐。

6.2 光纤激光技术产学研一体化推进

学术研究与实际生产环节脱节是中国光器件企业、电子元件企业、激光器企业开展创新项目普遍面临的痛点。为解决研究成果与实际生产相脱离的问题，政府部门将强化政策引导作用，企业、学术机构、高校将提高研究针对性，根据产品特性开展研究活动。产学研一体化趋势相关政策及发展方向可见下方分析。

（1） 国家政策鼓励

863 计划：国家高技术研究发展计划（以下简称“863 计划”）项目以有限领域为研究目标，鼓励由企业提案，联合高校、科研机构开展研发活动。

863 计划下光纤激光器相关研究项目包括掺铒光纤放大器用 980 纳米半导体激光器泵浦源项目、高性能大功率光纤激光器项目等。该类项目由企业牵头，陆续通过技术验收，大幅提升中国工业加工领域民用光纤激光技术研究水平。

千人计划：2008 年起，国家重点实验室、企业、商业金融机构、各类高新技术产业开发区引进海外高层次人才，以期在重点产业实现技术突破，推进国家科技战略。

政策鼓励具备丰富实践经验的工程师深入高校、研究机构传授专业知识和经验，提升学术人才对经济环境和市场实际需求的理解。政策环境支持下，激光器领域归国高级人才成功推进光纤激光器国产化，逐步实现光纤激光器零器件定点生产，大幅改善材料进口困境。

（2） 发展方向

① 加速转化：中国科学院光机所、中电集团第 11 研究所、国防科技大学、清华大学等学术研究机构已在光纤激光器研究方面取得初步成果，研究机构之间将通力合作，将研究成果从实验室阶段延伸至生产阶段。

② 科研院所科技人员需面向国民经济环境，基于光纤激光器实际生产水平和装备条件开展研究，以实际产品和工业加工领域激光设备作业流程作为研究对象。

③ 安排企业技术人员到学术机构交流探访，为企业人才参与学术研究活动创造条件。

（3） 案例简述

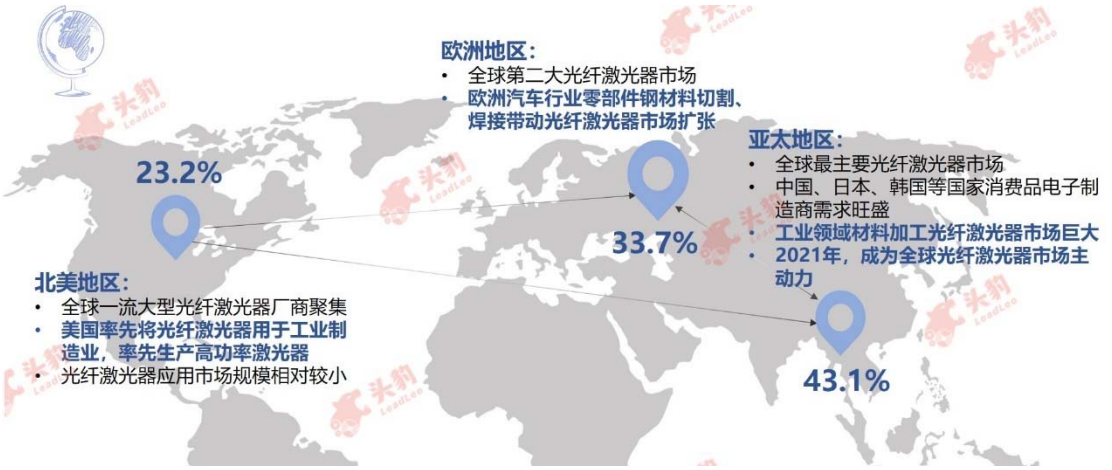
联赢激光股份有限公司（以下简称“联赢激光”）通过加大产学研投入，成功提高自产光纤激光器输出功率至 1,300W，并提高光电转换率高达 30%以上。联赢激光还完成 1KW 至 8KW 进口光纤激光器模块及控制系统自主研发。未来，联赢激光为提高大功率光纤激光器盈利能力，有意进一步加大产学研投入，取得竞争优势，降低生产成本。

7 光纤激光器在中国工业加工领域竞争格局分析

7.1 工业加工领域光纤激光器市场竞争格局

从地域角度分析，全球范围光纤激光器一流厂商聚集于北美地区，以高功率激光器、高端光纤激光器为竞争优势。亚太地区和欧洲地区分别为全球第一、第二光纤激光器需求市场，且随经济发展侧重点不同而各有需求。欧洲地区市场侧重光纤激光器在汽车部件加工领域焊接、切割功能，亚太地区市场侧重光纤激光器在电子消费品领域制造功能（见图 7-1）。

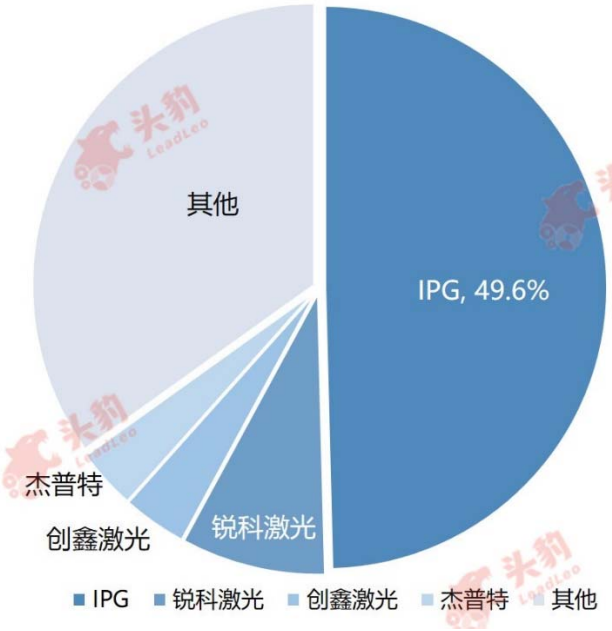
图 7-1 全球光纤激光器不同地域市场份额占比及特点



来源：头豹研究院编辑整理

全球市场份额占比：全球范围光纤激光器行业呈现充分竞争状态。IPG 市场份额稳居首位。中国光纤激光器厂商逐步具备与境外一流厂商争夺全球市场份额的水平。以锐科激光、创鑫激光、杰普特为代表的高新技术企业在中、低功率光纤激光器市场逐渐挤压 IPG 市场份额，并向高功率光纤激光器市场拓展（见图 7-2）。

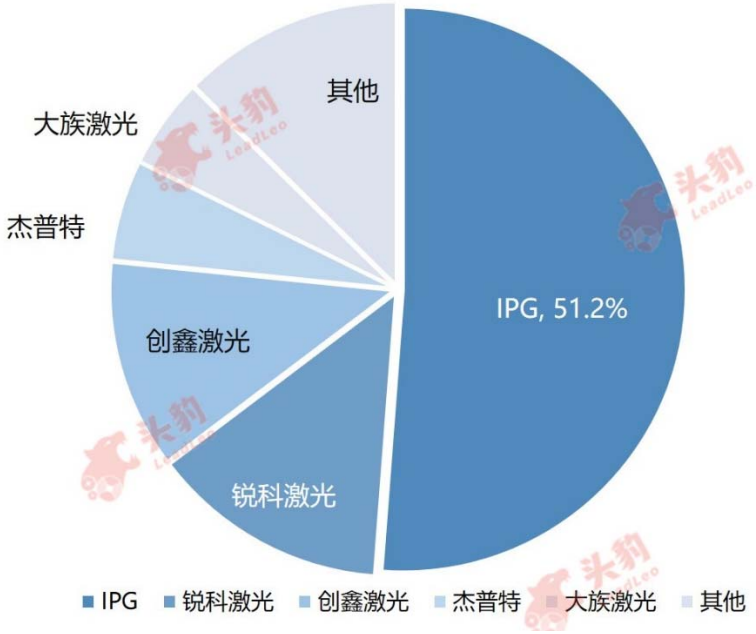
图 7-2 全球范围光纤激光器市场占比，2018 年



来源：头豹研究院编辑整理

中国市场份额占比：中国范围内，多数工业加工企业仍需从境外引进高功率光纤激光器及激光设备，但对境外厂商依赖度有所缓解。截至 2018 年底，境外企业光纤激光器产品在中国市场销售额占中国光纤激光器市场销售总额约 51.2%，相较 2015 年超过 70%的比率大幅降低（见图 7-3）。

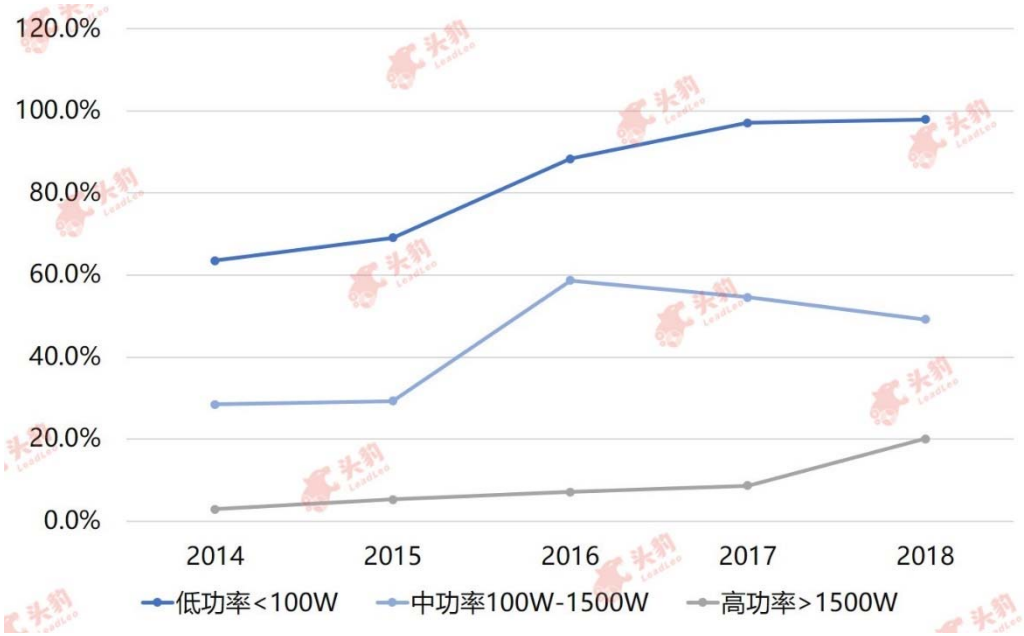
图 7-3 中国范围光纤激光器市场占比，2018 年



来源：头豹研究院编辑整理

中国厂商光纤激光器自产率持续提高，在不同功率层面对进口产品实现不同程度替代。在低功率光纤激光器领域，中国厂商已在全球市场和中国市场达到垄断供货地位，在中等和高等功率光纤激光器领域，中国厂商需基于现有激光切割、焊接等通用工业加工领域光纤激光器基础，开发不同波段、不同脉冲高功率和超快光纤激光器，逐步打破高功率市场境外企业垄断竞争格局，实现高功率激光器全面国产化（见图 7-4）。

图 7-4 不同功率光纤激光器国产化率变化，2014-2018 年



来源：头豹研究院编辑整理

7.2 中国工业加工领域光纤激光器典型企业分析

7.2.1 华日精密激光股份有限公司

7.2.1.1 公司介绍

武汉华日精密激光股份有限公司（以下简称“华日激光”）于 2003 年 7 月在武汉东湖新技术开发区登记成立，注册资本为 3,500 万元。华日激光日常经营业务包括全系列全固态半导体泵浦激光器生产销售，小功率、大功率、红外、紫外脉冲激光器，激光精密加工设备研究、开发、生产、销售、维修及技术咨询，货物技术进出口等。

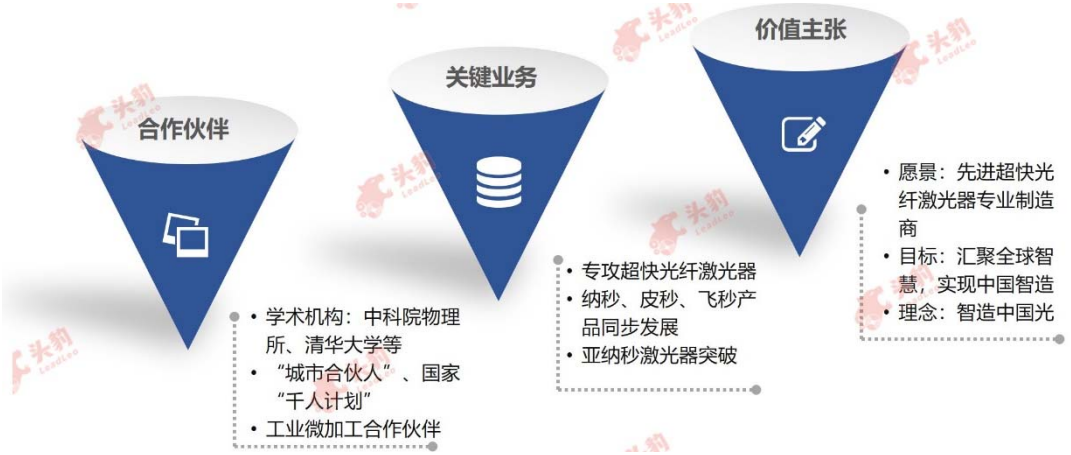
截至 2018 年底，华日激光已建成纳秒级红外、绿光、紫外激光器系列产品线，平均年

产量超过 2,000 台。华日激光通过并购国际超快激光器开发公司，在北美地区建立超快激光器研发中心。

7.2.1.2 运营亮点

华日激光自成立以来，以“智造中国光”为理念，与行业内学术机构、实验机构建立稳定合作关系，持续在超快激光器领域实现技术突破，基本形成自有运营特色（见图 7-5）。

图 7-5 华日激光运营亮点简图



来源：头豹研究院编辑整理

7.2.1.3 产品优势

华日激光设立北美研发中心、武汉紫外与深紫外激光器研发中心、武汉飞秒激光器研发中心。**三大研发中心成功合作研发出纳秒级、皮秒级、飞秒级多种脉宽，红外、绿光、紫外多波段激光器产品，可充分满足工业加工领域精细加工场景需求，为精密加工提供优质光源。**

华日激光在全球范围建立较为完善的经销网络、售后服务网络，产品可靠度较高，服务具有保障，具备良好投资空间。

7.2.2 安扬激光技术有限责任公司

7.2.2.1 公司介绍

安扬激光技术有限责任公司（以下简称“安扬激光”）于 2010 年在武汉东湖开发区登记成立，注册资金为 450 万元。安扬激光日常经营业务包括光纤激光器、特种激光器、光纤传感器研发、生产、销售、装配维修，光纤产品、通信产品、电子产品研发、生产、销售，

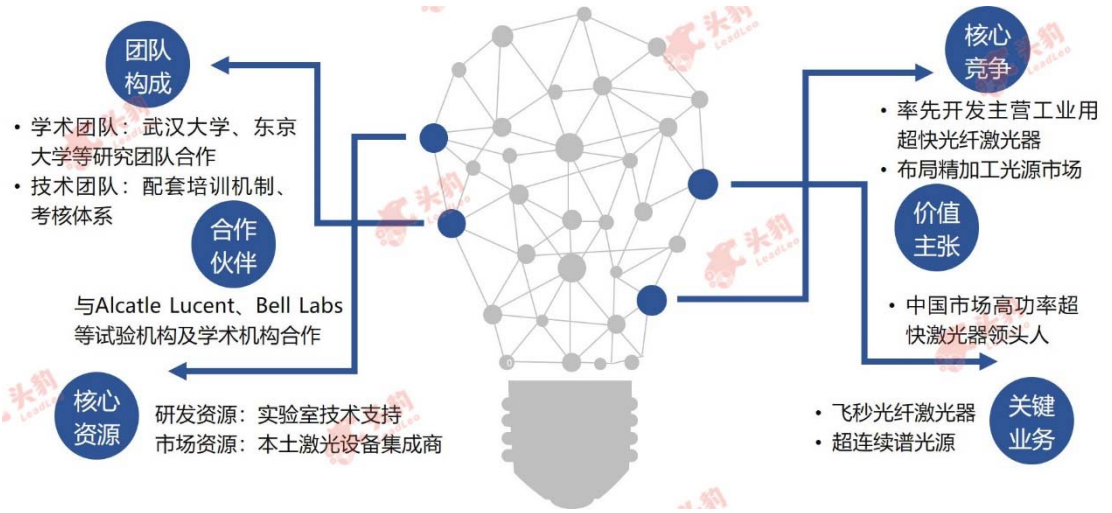
货物、技术进出口等。

2017 年，安扬激光获得由清控银杏领投，招商银行等战略合作企业跟投的总额约 5,600 万元的融资，其中超过 50%融资额由清控银杏提供。

7.2.2.2 运营亮点

安扬激光通过搭建专业研发生产团队，把握资源，抢占市场先机，维护合作伙伴关系，形成较为成熟的有机商业模式（见图 7-6）。

图 7-6 安扬激光运营亮点简图



来源：头豹研究院编辑整理

7.2.2.3 产品优势

安扬激光较早布局皮秒超快光纤激光器产品线，在高功率皮秒、飞秒光纤激光器和超连续谱光源研发、生产方面具备经验。**通过自主建立光纤拉丝立塔系统，安扬激光牢固把握光纤核心技术，可为工业加工领域客户提供定制化光纤激光器。**

截至 2018 年底，安扬激光已研发、生产超过 40 种特殊光纤。在成功获得首轮融资后，安扬激光皮秒激光器生产线产能扩大至超过 490 台年产量，飞秒激光器生产线产能达到约 260 台年产量。

2019 年初，安扬激光正式发布 Femto YLTM-UV 高功率紫外飞秒激光器，该款产品基于光纤啁啾脉冲放大技术等，可于 343 纳米波长范围输出 300 飞秒脉冲宽度超短脉冲，平

均功率高达 30W，可满足工业加工领域多种应用需求。

7.2.3 武汉虹拓新技术有限责任公司

7.2.3.1 公司介绍

武汉虹拓新技术有限责任公司（以下简称“虹拓新技术”）于 2008 年 8 月在武汉东湖开发区登记成立，注册资本为 2,407.9 万元。虹拓新技术日常经营业务包括光通信产品生产销售，光纤激光器、激光加工设备研发、生产、销售，其他货物进出口、技术进出口、代理进出口等。

虹拓新技术对外投资并控股青岛长进特种光纤技术有限公司、青岛自贸激光科技有限公司、浙江虹鑫光电科技有限公司三家光纤激光技术相关企业。

7.2.3.2 运营亮点

虹拓新技术团队由具备丰富学术知识、实践经验的华人专家领衔，坐落于占地面积 518 平方公里的东湖国家自主创新示范区。示范区覆盖光电子信息、生物医药、能源环保、现代装备制造、高科技农业五大主导产业领域。虹拓新技术依托地理位置优势可与周边产业形成协同发展效应（见图 7-7）。

图 7-7 虹拓新技术运营亮点简图



来源：头豹研究院编辑整理

7.2.3.3 产品优势

虹拓新技术开发的“超高精度色散管理技术”于 2012 年入选美国光纤通讯展览会总裁峰会“全球六大新创新技术”行列。

虹拓新技术团队以行业颠覆性创新为目标，成功研发飞秒激光探针技术。以该技术为基础生产的超小型化飞秒光纤激光器可以较低功率电流输出支持创新锁模模式下高稳定性飞秒脉冲输出。该款超小型激光器可广泛满足当前多种嵌入工业对高性能脉冲激光需求。

虹拓新技术开发光电探测器，可有效解决色散测量及补偿问题，光谱范围可达 1,650 纳米。

头豹研究院简介

- 头豹研究院是中国大陆地区首家 B2B 模式人工智能技术的互联网商业咨询平台，已形成集行业研究、政企咨询、产业规划、会展会议行业服务等业务为一体的一站式行业服务体系，整合多方资源，致力于为用户提供最专业、最完整、最省时的行业和企业数据库服务，帮助用户实现知识共建，产权共享
- 公司致力于以优质商业资源共享为基础，利用大数据、区块链和人工智能等技术，围绕产业焦点、热点问题，基于丰富案例和海量数据，通过开放合作的研究平台，汇集各界智慧，推动产业健康、有序、可持续发展



四大核心服务：

企业服务

为企业提供**定制化报告**服务、**管理咨询**、**战略**调整等服务

云研究院服务

提供行业分析师**外派驻场**服务，平台数据库、报告库及内部研究团队提供技术支持服务

行业排名、展会宣传

行业峰会策划、**奖项**评选、行业**白皮书**等服务

园区规划、产业规划

地方**产业规划**，**园区**企业孵化服务

报告阅读渠道

头豹科技创新网 —— www.leadleo.com PC端阅读全行业、千本研报



头豹小程序 —— 微信小程序搜索“头豹”、手机扫右侧二维码阅读研报


图说


表说


专家说


数说

详情请咨询

客服电话

400-072-5588

上海

王先生： 13611634866
李女士： 13061967127

南京

杨先生： 13120628075
唐先生： 18014813521

深圳

李先生： 18916233114
李女士： 18049912451