

## 电子设备、仪器和元件行业

2018-7-29

# 精选赛道系列报告之一：“激”深至远，“光”照神州

行业研究 | 深度报告

评级 **看好** 维持

### 报告要点

#### ■ 激光器技术进步，助推光加工时代来临

随着激光器输出功率与稳定性不断突破，激光加工在材料加工领域的潜力全面释放，其高精度、高效率、高度自动化的多维优势使激光成为先进制造核心工具之一。其中，光纤激光器优异的属性和适性奠定了其在高功率材料加工领域的绝对优势，将逐步替代气体、固体激光及火焰、等离子切割等传统工艺。同时，激光装备实现国产化后，价格迅速由垄断转向市场化，价格劣势正在逐步消除。目前，我国激光加工渗透率远低于欧美发达国家，潜在市场可观。

#### ■ 激光装备乃大国重器，将在高端制造大潮下迎来黄金十年

激光装备在高端制造大潮中将呈现两大趋势：精密复杂物件如芯片、精密轴承、精密齿轮、精密喷嘴、高精度减速机，对高脉冲能量激光器需求旺盛；大型装备如飞机、船舶、特种机械等制造需要加工超厚板材、特种钢材、超大板材的能力，同时兼顾加工效率和加工质量，赋予高功率激光装备绝佳的舞台。我们看好微观制造领域消费电子、面板、FPC、脆性材料对紫外激光器、超快激光器的旺盛需求，以及宏观制造领域汽车、航空、轨交、船舶对高功率激光自动化装备的需求释放，激光行业有望迎接高速发展的黄金十年。

#### ■ 激光巨头雄踞四海，国产替代蓄势待发

我们认为激光企业必须拥有两点核心竞争力：1、关键部件自制能力。激光器技术演进、激光装备的推陈出新不断创造产品价值与盈利能力的高地，而高功率半导体泵浦源、特种光纤等核心部件则构成进入壁垒，赋予研发实力雄厚的企业巨大竞争优势；2、高功率成套装备定制化能力。激光加工设备未来的两大核心趋势是高功率化与成套装备化，高功率装备与机器人结合形成的成套自动化装备已成为行业新蓝海，迎接量价齐升的逻辑。要求企业具备成套设备集成能力，以及功能模块、配件定制能力。

通过分析海外巨头 IPG、通快和相干的发展历程，我们认为激光企业的全球巨头之路通常伴随着垂直一体化产业链的构建以及大量的并购整合，最终形成专利技术积淀深厚、核心部件自主研制、微观&宏观制造版图完整的综合激光装备制造。我们看好以大族激光、华工科技、锐科激光为代表的国内优质激光企业加速技术研发与资源整合，推动激光器国产替代，加速产业转移。

分析师 莫文宇

☎ (8621) 61118752

✉ mowu@cjsc.com.cn

执业证书编号：S0490514090001

分析师 杨洋

☎ (8621) 61118752

✉ yangyang4@cjsc.com.cn

执业证书编号：S0490517070012

分析师 王平阳

☎ (8621) 61118752

✉ wangpy2@cjsc.com.cn

执业证书编号：S0490517050002

分析师 谢尔曼

☎ (8621) 61118752

✉ xieem@cjsc.com.cn

执业证书编号：S0490518070003

#### 行业内重点公司推荐

公司代码	公司名称	投资评级
002008	大族激光	买入

#### 市场表现对比图（近 12 个月）



资料来源：Wind

#### 相关研究

《二季度电子板块基金持仓分析：配置有所降低，7月开启配置新起点》2018-7-25

《PCB 行业在发生着什么》2018-7-22

《基本面向上，看好三季度配置机遇》2018-7-15

**风险提示：** 1. 全球宏观经济景气度下行影响制造业；  
2. 核心部件国产化替代进度不及预期。

## 目录

高精度、高效率、高度自动化，光加工的时代已经来临	5
激光技术演进路径纷繁	5
工业激光进入增长快车道	7
成本不断降低，激光加工大潮兴起	9
竞争格局优化：激光器价格快速下降	9
技术红利显现：设备高功率化，效率提升改写成本曲线	11
激光加工起步晚、保有量低，国内市场潜力可观	13
激光装备乃大国重器，制造升级大潮下迎来黄金十年	14
精密制造——消费电子、面板、FPC、脆性材料	14
消费电子精密制造赋予激光新舞台	15
OLED 面板制造依赖激光切割与封装	16
激光切割与激光打孔技术助力 FPC 产业腾飞	17
脆性材料（3D 玻璃）提升激光切割需求	18
重工制造——汽车、航空、轨交、船舶	19
激光技术引领先进汽车制造	19
“中国制造 2025” 航空工业发展为激光加工带来机遇	20
国内高铁、地铁发展方兴未艾	21
船舶工业复苏拉动激光切割、焊接需求	21
激光巨头雄踞四海，国产替代蓄势待发	23
产品高盈利的来源——技术壁垒，研发构成核心竞争力之一	23
紫外激光——精密制造神兵利器	24
特种光纤——重工制造不可或缺	25
设备形态的新趋势——高功率成套自动化装备，核心竞争力之二	26
高功率装备自动化大势所趋	27
成套装备蓝海市场，龙头企业优势显著	28
剖析激光龙头成长历史，探究国产化破局之路	30
IPG：鸿蒙强者携两大法宝，制霸光纤激光全产业链	30
TRUMPF：老牌劲旅转型先进制造，机床与激光珠联璧合	32
COHERENT：准分子激光器独步天下，精密制造结缘材料加工	33
突破关键技术势在必行，外延并购加速国产替代	34

## 图表目录

图 1: 我国首台各型号激光器制备历史 .....	5
图 2: 激光行业产业链 .....	7
图 3: 激光先进制造系统概览 .....	7
图 4: 2016-2018 年工业激光市场规模 (单位: 百万美元) .....	8
图 5: 2017 年工业激光应用领域占比 .....	8
图 6: 2016-2018 年精密激光加工应用领域 (单位: 百万美元) .....	8
图 7: 2016-2018 年大功率激光加工应用领域 (单位: 百万美元) .....	8
图 8: 2016-2018 年工业激光市场规模 (单位: 百万美元) .....	8
图 9: 2016-2018 年激光打标激光器市场规模 (单位: 百万美元) .....	8
图 10: 2016-2018 年精密加工激光器市场规模 (单位: 百万美元) .....	9
图 11: 2016-2018 年大功率加工激光器市场规模 (单位: 百万美元) .....	9
图 12: 2012 年与 2016 年不同功率进口 IPG 光纤激光器价格对比 (单位: 万元) .....	9
图 13: 创鑫激光连续激光器平均售价与成本 .....	10
图 14: 创鑫激光不同功率连续激光平均售价 (万元) .....	10
图 15: 光纤激光器的构成与分类 .....	10
图 16: 脉冲光纤激光器光学原材料价格 (单位: 元/套) .....	11
图 17: 脉冲光纤激光器电学原材料与机械件价格 (单位: 元/套) .....	11
图 18: 连续激光光纤激光器光学原材料价格 (单位: 元/套) .....	11
图 19: 连续激光激光器电学原材料与机械件价格 (单位: 元/套) .....	11
图 20: 光纤激光器按照功率分类及应用 .....	12
图 21: 三种切割加工方式在 25mm 厚 250 米 Q345B 型板材切割的经济效益对比 .....	12
图 22: 国内外激光器市场规模对比 (单位: 亿美元) .....	13
图 23: 中国激光器应用率与制造业全球比重 .....	13
图 24: 金属中框需求量及渗透率 .....	15
图 25: 全面屏渗透率 .....	15
图 26: 智能手机中激光加工技术应用 .....	16
图 27: OLED 市场规模 (百万美元) 及出货量 (百万片) .....	16
图 28: 激光玻璃封装流程图 .....	17
图 29: 全球及中国 FPC 市场规模 (单位: 亿元) .....	17
图 30: FPC 柔性电路板产品 .....	18
图 31: 激光技术原理图 .....	18
图 32: 全球智能手机出货量 (部) 及 3D 玻璃渗透率 .....	18
图 33: 3D 玻璃机壳广泛应用于旗舰手机 .....	18
图 34: 汽车制造中使用激光加工的主要领域 .....	19
图 35: 中国通用航空器数量 (架) .....	20
图 36: A380 激光焊接过程 .....	20
图 37: 全国高铁营业里程 (公里) .....	21
图 38: 全国地铁运营路线长度 (公里) .....	21
图 39: 国内造船完工量 (万吨) 及增速 .....	21
图 40: 新接船舶订单量 (万吨) 及增速 .....	21

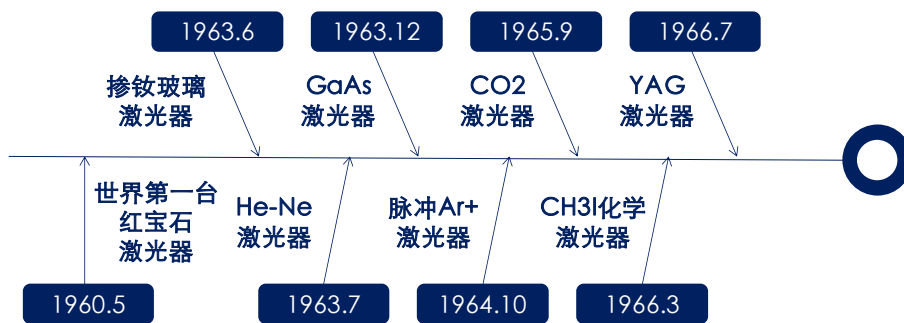
图 41: 激光焊接技术在船舶制造中的应用示意 .....	22
图 42: 船舶工业制造中 4 kW CO <sub>2</sub> 激光器切割效果 .....	22
图 43: 海外激光产业龙头毛利率 .....	23
图 44: 国内激光产业龙头毛利率 .....	23
图 45: 海外激光产业龙头研发投入占比 .....	23
图 46: 国内激光产业龙头研发投入占比 .....	23
图 47: 特种光纤功能及应用 .....	26
图 48: 我国焊接机器人销售 (单位: 台) .....	27
图 49: 2013 年我国各类型焊接机器人累计装机情况 .....	27
图 50: 奥迪 A8 车身材料结构图 .....	28
图 51: 奥迪 A8/A8L 车身材料构成比例 .....	28
图 52: 奥迪 A8 轻量化车身连接技术 .....	28
图 53: 激光成套装备解决方案主要构成及供应商核心优势 .....	29
图 54: 大族激光智能装备集团战略规划 .....	29
图 55: IPG 光纤激光器由大量泵浦二极管组成 .....	30
图 56: IPG 有源光纤实现泵浦光增益 .....	30
图 57: IPG 泵浦二极管高度自动化生产 .....	30
图 58: IPG 独特的光纤制造技术 .....	30
图 59: IPG 光纤激光器拥有垂直一体化全产业链 .....	31
图 60: IPG 技术突破期推出的光纤激光器不断刷新行业天花板 .....	31
图 61: IPG 上市以来的并购扩张 .....	32
图 62: 通快首台冲裁激光机床 .....	32
图 63: 通快首台冲压、步冲、等离子一体设备 .....	32
图 64: 通快自研 CO <sub>2</sub> 激光器 TLF1000 .....	33
图 65: 通快推出飞行光学导光系统的平板激光切割机 .....	33
图 66: 相干主要业务领域分布 .....	34
图 67: 相干各大领域业务比重 .....	34
表 1: 五大主要激光器属性对比 .....	6
表 2: 激光加工设备在下游行业主要应用 .....	14
表 3: 精密制造领域激光加工市场空间测算 (亿元) .....	15
表 4: 重工制造领域激光加工市场空间测算 (亿元) .....	19
表 5: 国内激光焊接类别专利拥有数量排名 .....	24
表 6: 紫外激光器与红外激光器对比 .....	24
表 7: 固体紫外激光器应用领域 .....	25
表 8: 激光器领域特种光纤种类及应用 .....	26
表 9: 国外紫外激光器厂商梳理 .....	34
表 10: 国内特种光纤产业发展现状 .....	35

## 高精度、高效率、高度自动化，光加工的时代已经来临

### 激光技术演进路径纷繁

激光原理诞生于爱因斯坦上世纪初提出的原子受激辐射理论，是 20 世纪与原子能、半导体、计算机齐名的四大科技发明之一，但激光加工的产业化之路则落后于其他三者。激光装备制造技术始兴于 1960 年代，全球最早的一台红宝石激光器诞生于 1960 年 5 月。1961 年夏，中国第一台红宝石激光器研制成功。此后短短几年内，各种类型的固体、气体、半导体和化学激光器相继研制成功，激光技术不断向世界一流看齐。

图 1：我国首台各型号激光器制备历史



资料来源：激光技术发展史，长江证券研究所

随着工作介质的技术演进，激光器呈现气体、固体、光纤、半导体等多种技术路线。上世纪激光加工以气体、固体激光器为核心。本世纪初，光纤掺杂、控制/合束、耦合等关键技术的突破，使得光纤激光器性能与适性大幅提升，使之成为激光加工的前沿技术。

- 1) **柔性制造能力提升。**一方面来自于光电转换效率跨越式提升，使得中小功率光纤激光器不用设计复杂的冷却系统，激光器体积大幅缩小。另一方面，光纤导出方式+机械臂可适配任意多维空间的自动化加工。
- 2) **材料加工能力增强。**光纤掺杂稀土离子能级丰富、种类众多，使得输出波长范围广，能够覆盖更多不同波长吸收属性的材料。特别是对于传统激光器难以胜任的高反射材料，光纤激光器展现出强大的加工实力。
- 3) **保养维护方便廉价。**由于光纤激光器谐振腔无需光学镜片，免除光路调节和防尘维护，凸显极强的长时间连续工作稳定性，广受大型制造企业的青睐。同时光纤激光器无需更换工作介质（气体、晶体等），后续成本大幅降低。

表 1：五大主要激光器属性对比

对比项目	指标说明	CO2 激光器 (气体)	YAG 激光器 (固体)	碟片激光器 (固体)	光纤激光器	半导体激光器
波长 $\mu\text{m}$	数值越小加工能力越强	10.6	1.06	1.0-1.1	1.0-1.1	0.9-1.0
典型电光效率%	数值越大效率越高、耗电越少	10	5	15	30	45
光束质量 BPP (4/5kw)	数值越小光束质量越好	6	25	8	< 2.5	10
输出功率 kw	数值越大加工能力越强	1-20	0.5-5	0.5-4	0.5-20	0.5-10
输出光纤 $\mu\text{m}$	数值越小使用越方便	不可实现	600-800	600-800	50-300	50-800
冷却方式	方式越多越灵活	水冷	水冷	水冷	风冷/水冷	水冷
占地面积 (4/5kw)	数值越小适应性越好	3 $\text{m}^2$	6 $\text{m}^2$	> 4 $\text{m}^2$	< 1 $\text{m}^2$	< 1 $\text{m}^2$
体积	体积越小适用场合越多	最大	大	较大	非常小	非常小
可加工材料类型	范围越广加工适应性越好	铜、铝不可	铜不可	高反材料亦可	高反材料亦可	高反材料亦可
维护周期 Khrs	数值越大维护越少	1-2	3-5	3-5	40-50	40-50
相对运行成本	数值越小运行成本越小	1.14	1.80	1.66	1.00	0.80

资料来源：创鑫激光，长江证券研究所

激光产业链可分为上游光学材料和元器件（晶体材料、特种光纤、光学镜片等）、中游激光器以及下游广泛应用于各个领域的激光加工设备，其中激光器为设备最核心的光学组件，也是整个产业链价值高地。

图 2：激光行业产业链

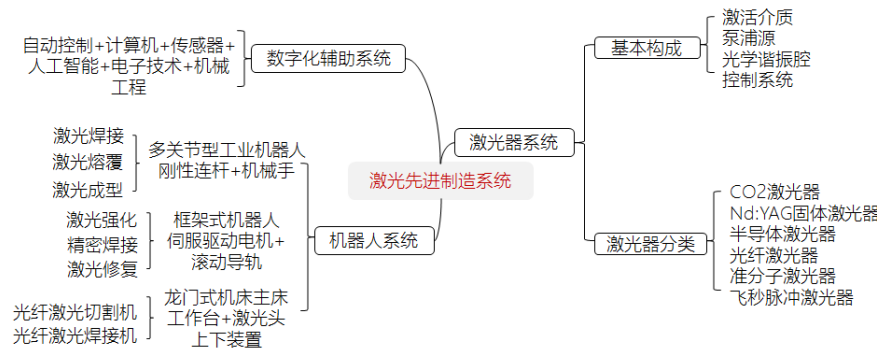


资料来源：中国激光产业发展报告，长江证券研究所

## 工业激光进入增长快车道

工业激光制造系统是以激光器系统为核心，集成机器人系统、数字化操作系统的先进制造系统，涉及包括激光源、传输与聚焦、运动与控制、传感与检测等多项关键技术。

图 3：激光先进制造系统概览

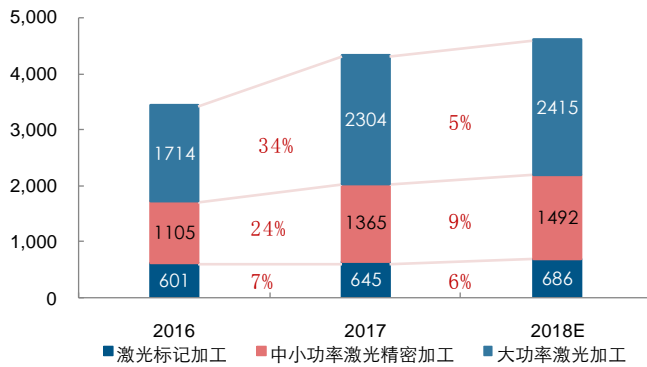


资料来源：激光先进制造技术及其应用，长江证券研究所

2017 年工业激光市场增长 26%，远超行业历史增速，其中高功率激光加工增长 34%，是主要拉动因素。高功率装备增长主要动力包括：

- 1) 高功率光纤激光设备在中国市场钣金切割应用需求旺盛；
- 2) 高功率半导体激光设备在焊接、钎焊、退火等应用大量增长；
- 3) 高功率准分子激光设备在智能手机 OLED 面板厂扩产中大量交付。

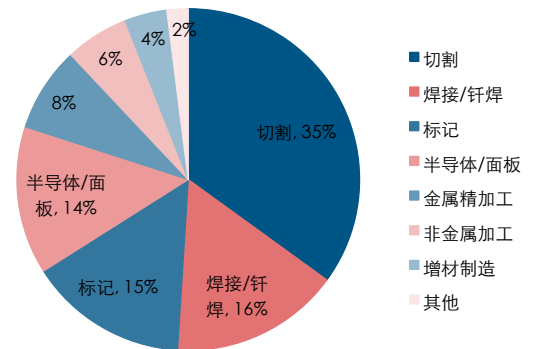
图 4：2016-2018 年工业激光市场规模（单位：百万美元）



资料来源：Strategy Unlimited, 长江证券研究所

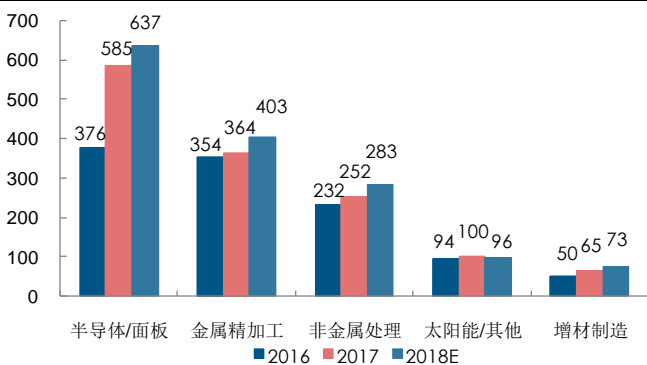
高功率激光方面，金属材料加工是最活跃的领域，这使得激光切割与激光焊接组成了工业激光的半壁江山，其次是激光标记与半导体。而精密激光方面，半导体/面板装备受益于 OLED 投资高峰，有望实现 40% 以上的复合增速。

图 5：2017 年工业激光应用领域占比



资料来源：Strategy Unlimited, 长江证券研究所

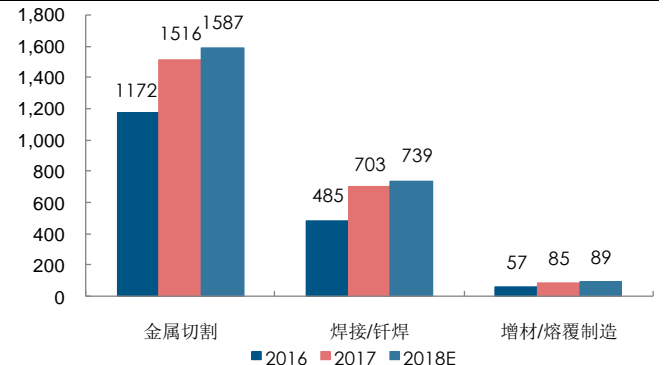
图 6：2016-2018 年精密激光加工应用领域（单位：百万美元）



资料来源：Strategy Unlimited, 长江证券研究所

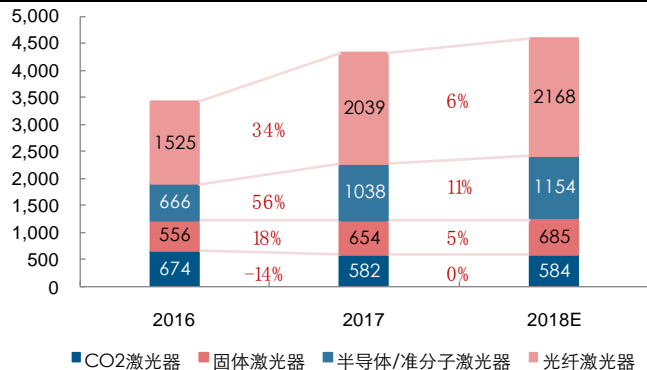
从激光器种类看，固体激光器平稳增长，光纤激光器增速最快，其在高功率领域取代 CO2 激光器的趋势确立。另外，准分子激光器则受益于 OLED 激光退火、激光剥离旺盛需求，占比显著提升。

图 7：2016-2018 年大功率激光加工应用领域（单位：百万美元）



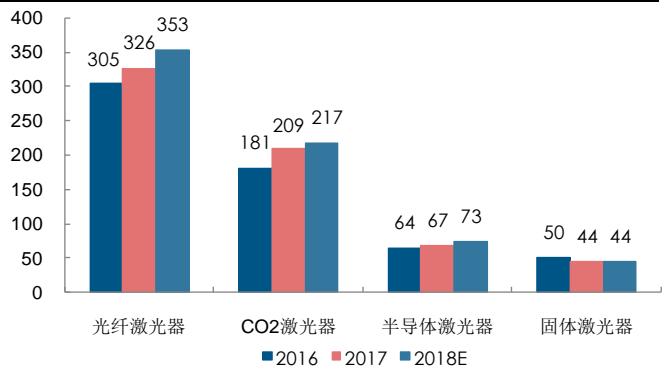
资料来源：Strategy Unlimited, 长江证券研究所

图 8：2016-2018 年工业激光市场规模（单位：百万美元）



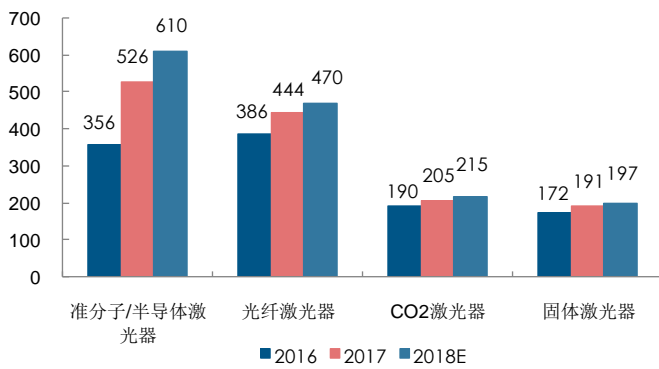
资料来源：Strategy Unlimited, 长江证券研究所

图 9：2016-2018 年激光打标激光器市场规模（单位：百万美元）



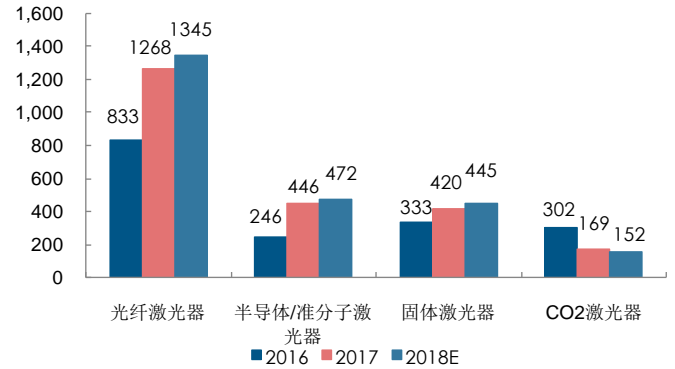
资料来源：Strategy Unlimited, 长江证券研究所

图 10：2016-2018 年精密加工激光器市场规模（单位：百万美元）



资料来源：Strategy Unlimited, 长江证券研究所

图 11：2016-2018 年大功率加工激光器市场规模（单位：百万美元）



资料来源：Strategy Unlimited, 长江证券研究所

## 成本不断降低，激光加工大潮兴起

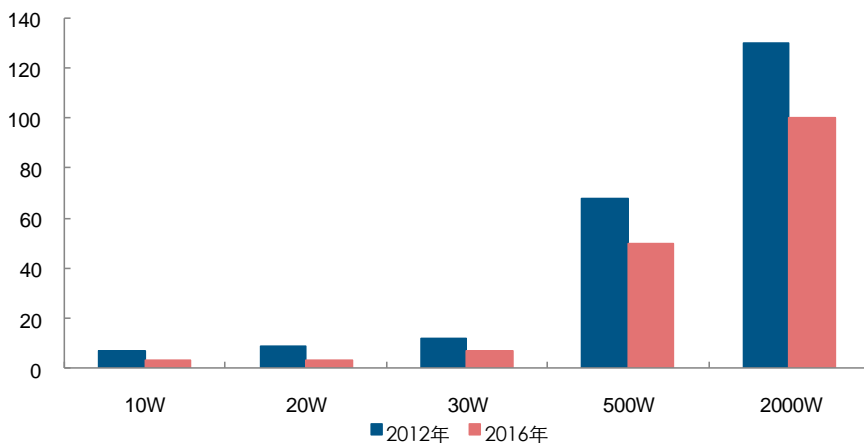
激光加工正在全球范围内替代传统的加工方式，其核心驱动在于成本。从激光设备本身看：1、上游核心光学零部件竞争格局优化，国产激光器取得技术突破，削弱了海外激光器企业的市场定价权，使得激光器价格快速下降；2、激光设备功率的增加大幅提升加工效率，使得激光加工的成本曲线显著改善，竞争力不断增强。

### 竞争格局优化：激光器价格快速下降

激光器是激光设备的核心部件，也是利润率最高的环节。过去我国激光器主要依赖进口，价格昂贵，供货周期长，使得激光设备价格竞争力低。

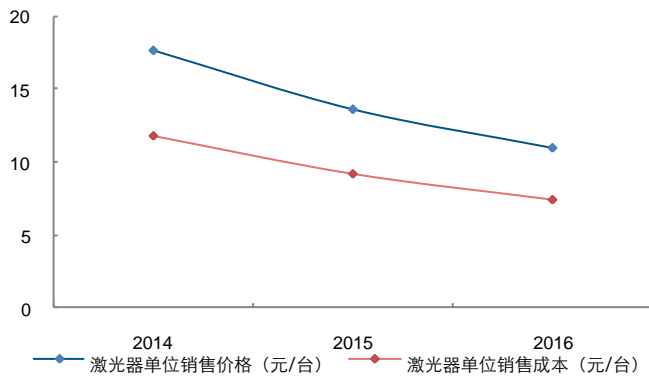
小功率光纤激光器已大多被国内厂商占据，市场份额高达 85%，2010-2015 年小功率激光器国内自产化后，促使小功率激光器成本下滑超过 50%。中功率光纤激光器市场国内厂商近年实现技术的突破，市场份额大大增加，2016 年销量首次超过进口。

图 12：2012 年与 2016 年不同功率进口 IPG 光纤激光器价格对比（单位：万元）



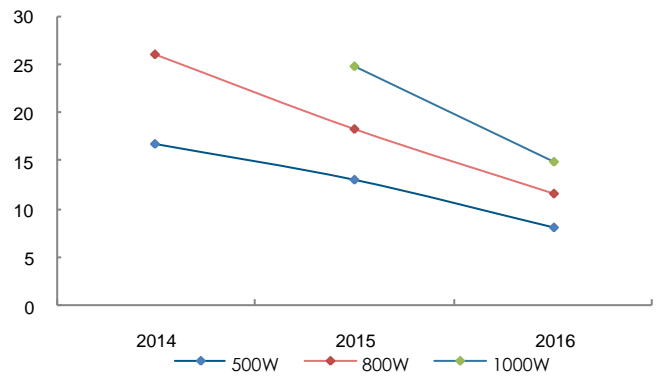
资料来源：中科战略, 长江证券研究所

图 13: 创鑫激光连续激光器平均售价与成本



资料来源: 创鑫激光, 长江证券研究所

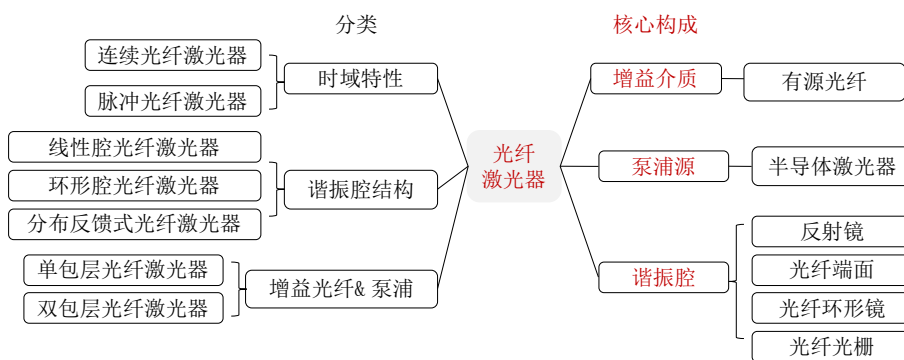
图 14: 创鑫激光不同功率连续激光平均售价 (万元)



资料来源: 创鑫激光, 长江证券研究所

光纤激光器降价的根源在于核心元器件的国产化。2015 年以来, 国内企业初步实现了光纤、泵浦源、光隔离器等激光器核心元器件自制, 中小功率激光器成本大幅降低, 同时随着生产规模不断扩大, 规模效应逐步显现。

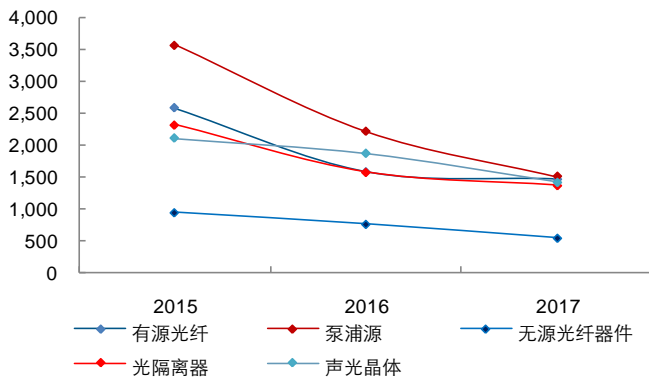
图 15: 光纤激光器的构成与分类



资料来源: 中科院上海光学精密机械研究所, 长江证券研究所

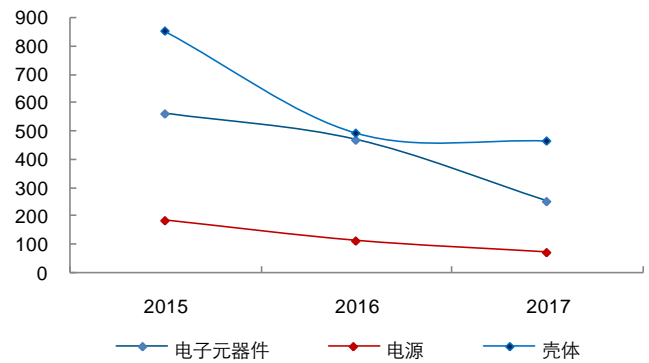
以锐科激光的脉冲光纤激光器 (中小功率) 为例, 15 年至 17 年核心光学原材料成本降幅达 45.29%, 从泵浦源、有源光纤到无源器件、晶体都有明显下降, 意味着国产化进程取得了显著成效。

图 16: 脉冲光纤激光器光学原材料价格 (单位: 元/套)



资料来源: 锐科激光招股说明书, 长江证券研究所

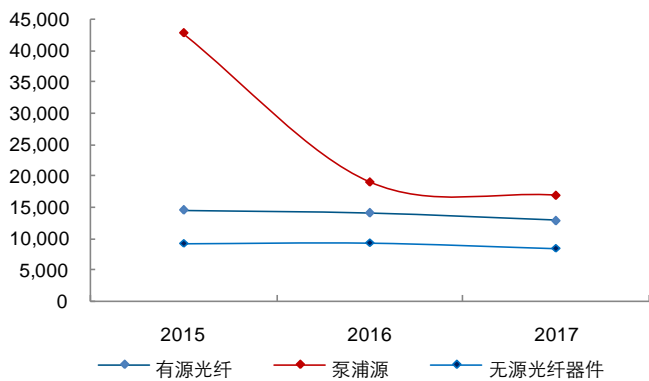
图 17: 脉冲光纤激光器电学原材料与机械件价格 (单位: 元/套)



资料来源: 锐科激光招股说明书, 长江证券研究所

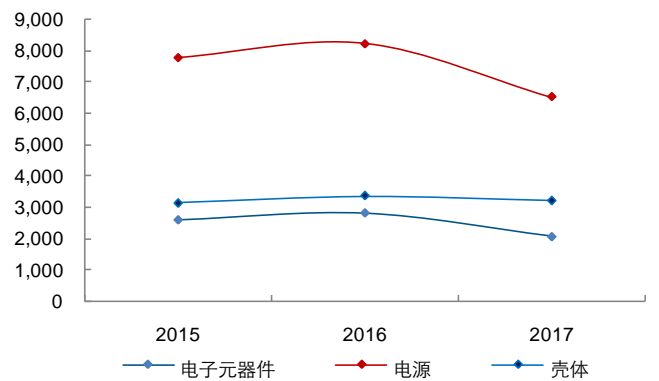
而中高功率的连续激光光纤激光器方面, 泵浦源国产化带来的成本的大幅下降是核心因素, 带动光学原材料成本下降 42.94%, 激光器整体成本降幅 39.04%。

图 18: 连续激光光纤激光器光学原材料价格 (单位: 元/套)



资料来源: 锐科激光招股说明书, 长江证券研究所

图 19: 连续激光激光器电学原材料与机械件价格 (单位: 元/套)



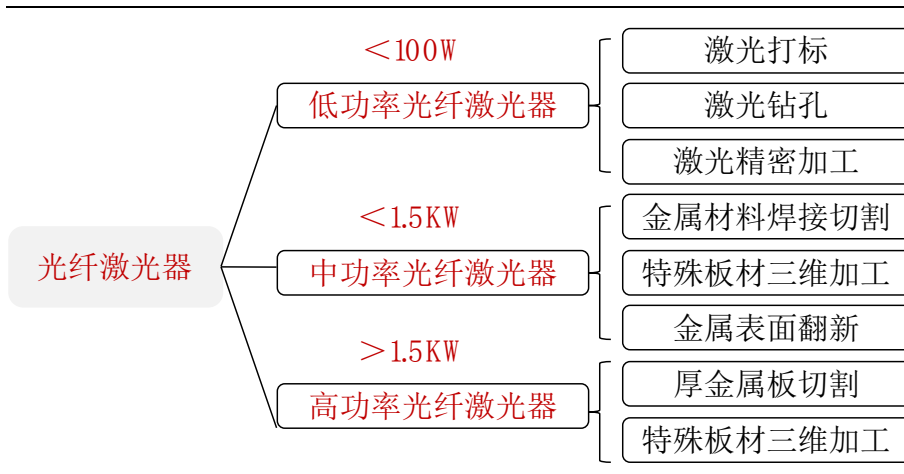
资料来源: 锐科激光招股说明书, 长江证券研究所

## 技术红利显现: 设备高功率化, 效率提升改写成本曲线

从制造企业角度看, 人力成本、效率成本与响应成本的提升, 倒逼企业从生产方式进行改革。先进制造是一国制造业全方位的升级, 自动化改造是先进制造智能化升级、工业互联网平台是先进制造数字化升级, 而激光加工则是先进制造工具层面的升级。理念、体系、工艺三者相辅相成, 缺一不可。

随着全球激光技术进步, 光电转换效率提升、高功率耦合技术突破等等, 使得连续激光装备满足工业制造稳定性的功率天花板不断提升。在 2015 年之前, 高功率激光技术与成本的限制下, 工业材料切割使用的最大功率仅为 3KW, 激光加工多用于电梯板、合金材料、门窗、灯饰、金属厨具、五金制品等金属薄板切割。随着 6KW、8KW 乃至 12KW 的光纤激光设备的推出, 使得激光应用得以延伸至轨道机车、航空航天、造船等高端制造金属厚板切割、焊接。

图 20：光纤激光器按照功率分类及应用



资料来源：中科院上海光学精密机械研究所，长江证券研究所

高功率激光设备为加工企业带来的优势包括：

- 1、更高的加工效率。**例如薄板切割：8mm 不锈钢板，6KW 激光效率是 3KW 激光的 400%，3-6mm 不锈钢板，10KW 激光效率是 6KW 激光的 250%-300%；厚板切割方面：25mm 铝合金板，12KW 激光效率比 10KW 激光提升 100%左右。
- 2、更强的加工能力。**高端激光加工订单主要是重工业厚板切割，不仅切割难度大，且交期短。10KW 光纤激光器可用于加工 25mm 的低碳钢板以及 30mm 厚的不锈钢或铝板，更高功率激光意味着加工能力的提升。
- 3、更高的盈利属性。**随着造船、航空航天、坦克装甲车等大型精密制造需求的涌现，高功率、大幅面、厚板材激光切割需求全面打开。高端制造的装备是新兴蓝海市场，成长性和订单质量都全面超越传统行业，高功率激光装备能够为企业带来更优质的订单。

图 21：三种切割加工方式在 25mm 厚 250 米 Q345B 型板材切割的经济效益对比

切割参数	火焰切割/等离子切割/激光切割成本（元）对比				
	切割消耗	单价	单项成本	成本合计	
切割速度 m m /m in	525/1500/800	7.9/2.8/5.2	20	158/56/104	火焰切割 615.47
消耗功率 kW	3/70/65	23.8/194.4/338.5	0.7	16.66/136.08/236.95	
切割燃气 立方/h	0.8/0/0	6.3/0/0	2.9	18.27/0/0	等离子切割 811.46
切割氧耗 立方/h	0/2.5/5	0/6.9/26	0.7	0/4.83/18.2	
切割时间 h	7.9/2.8/5.2	—	—	—	激光切割 428.61
配件损耗 元	—	0.5/0.4/0.01	10/300/2000	5/120/20	
材料损耗 kg	—	197.82/247.28/24.73	2	395.64/494.55/49.46	

资料来源：激光加工专题，长江证券研究所

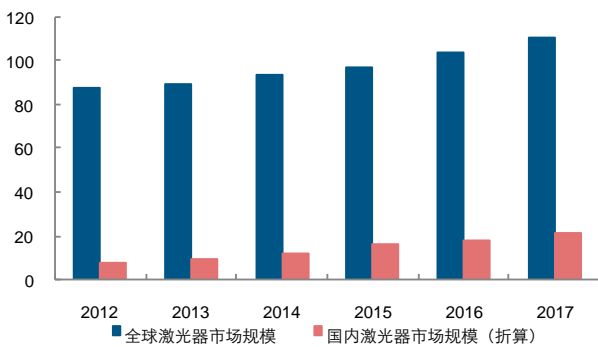
另外，考虑到火焰切割、等离子切割还会造成金属烟尘、颗粒、弧光、高频辐射等污染，在国内严控环保的政策背景下，环保成本大幅上升，削弱了传统加工方式成本优势。

## 激光加工起步晚、保有量低，国内市场潜力可观

目前，欧美主要发达国家在大型的制造产业，如汽车、航空、造船、电子等行业中，基本完成了用激光加工工艺对传统工艺的更新换代，进入“光时代”。在中国制造 2025 的大战略背景下，我国传统工业制造业面临深度转型。近年来，中国已经成为全球最主要的激光加工设备制造基地和消费国，激光加工设备广泛应用于模具、钣金加工、锂电、新能源、表面处理、增材制造等多个领域。

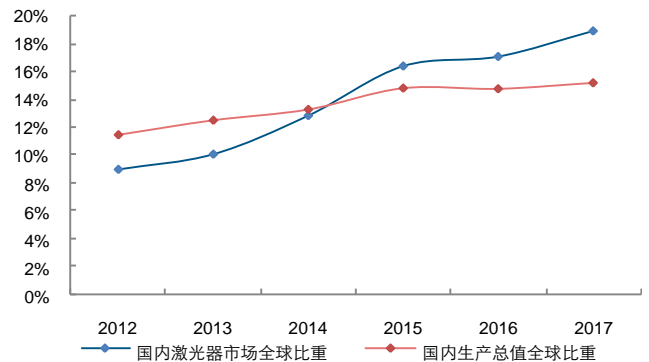
我们以国内激光装备与系统市场规模数据乘以 0.3 的权重计算激光器市场规模，以 6.5 的平均汇率换算为美元。可以看出，我国激光加工渗透率刚突破全球平均水平，距离制造大国、制造强国的地位仍存在巨大差距。

图 22：国内外激光器市场规模对比（单位：亿美元）



资料来源：智研咨询，长江证券研究所

图 23：中国激光器应用率与制造业全球比重



资料来源：智研咨询、世界银行，长江证券研究所

以高功率切割为例，高功率数控激光切割机成套设备全球累计拥有量已达 40000 台(套)左右，其中美国、日本均超过 10000 台，我国目前高功率数控激光切割成套设备的拥有量为 2000 台左右，应用潜力可观。

## 激光装备乃大国重器，制造升级大潮下迎来黄金十年

制造业竞争力是国家综合国力的核心成分之一，未来成本优势将逐步让位于先进制造能力，高附加值、高技术制造是中国制造业亟待转型的方向。工欲善其事，必先利其器，高端制造以高端装备制造为根基，激光装备正是未来工业核心基础装备之一。

**激光装备在高端制造大潮中将呈现两大趋势：**

- 1) 精密复杂物件如芯片、精密轴承、精密齿轮、精密喷油嘴、高精度减速机等，对高脉冲能量激光器需求旺盛。
- 2) 大型装备如飞机、船舶、特种机械等制造需要加工超厚板材、特种钢材、超大板材的能力，同时兼顾加工效率和加工质量，赋予高功率激光装备绝佳的舞台。

表 2：激光加工设备在下游行业主要应用

下游行业	典型的激光加工设备	应用说明
电子	激光打标机、激光打孔机、激光切割机、激光焊接机、激光调阻机、激光划片机等	利用激光设备信息化和微加工特点，实现在 PCB 板、集成电路、太阳能、LED 等关键部件上激光打标、打孔、切割和焊接等工艺
汽车	激光切割机、激光焊接机、激光打孔机、激光热处理机等	利用激光的高能量密度和数控装置相结合，实现规模化和非标准加工工艺，替代或升级传统的焊接、切割设备
航天	激光焊接机等	利用高功率的激光束，可解决有色金属难以焊接的难题
钢铁冶金	激光热处理机、激光毛化设备、激光焊接机等	利用激光加热金属钢铁材料表面实现热处理、毛化及不同材质的拼接
精密仪器	激光焊接机、激光打标机、激光打孔机等	利用激光的微加工特点，实现精密仪器零件的焊接、打标等工艺

资料来源：大族激光可转债说明书，长江证券研究所

先进激光装备可以使我国钣金加工满足高端制造的严苛精度要求，可谓大国重器。随着高速铁路、大型飞机等国产高端、精密制造的实现，产业转型升级的背景环境已经形成，激光装备特别是高功率装备有望迎接高速发展的黄金十年。

### 精密制造——消费电子、面板、FPC、脆性材料

传统小功率激光设备主要用于服装、电子消费品领域的激光标记。随着现代科技的发展，产品和零件加工逐渐趋向微型化、精密化，小功率激光及自动化配套设备在消费电子、面板、FPC、脆性材料等产业得到广泛应用。

精密激光制造未来市场增长空间可观，17 年市场空间为 158 亿元，测算未来三年市场空间有望依次为 192 亿元、230 亿元、276 亿元。其中消费电子全面屏异性切割、金属中框焊接&切割、FPC 钻孔等主导需求增长。

表 3：精密制造领域激光加工市场空间测算（亿元）

领域	2015	2016	2017	2018E	2019E	2020E
消费电子	41	46	59	72	86	104
面板（OLED）	21	23	30	36	43	52
FPC 领域	21	23	30	36	43	52
脆性材料（3D 玻璃）	10	12	15	18	22	26
其它	17	19	25	30	36	43
合计	110	123	158	192	230	276

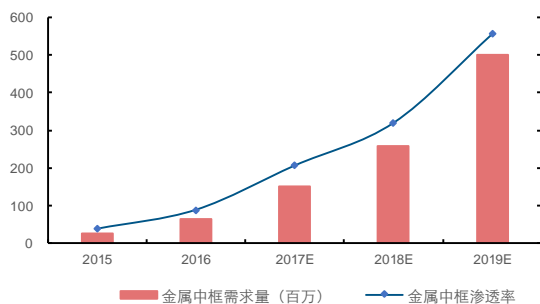
资料来源：中国激光杂志社，Laser Focus world，中国激光产业发展报告，长江证券研究所

### 消费电子精密制造赋予激光新舞台

**智能手机金属中框逐渐成潮流，有望带动激光焊接设备的需求增长。**据 IDC 预测。2018 年、2019 年智能手机金属中框渗透率预计能达到 16%、28%。金属中框不仅是外部简单的一圈铝合金或不锈钢结构，由于玻璃后盖的某些机械支撑能力和塑形能力弱于金属材料，因此摄像头等零部件仍需要金属小件作为支架。结构小件的引入意味着中框、中板焊接工艺的增加，进一步带动激光焊接设备的需求增长。

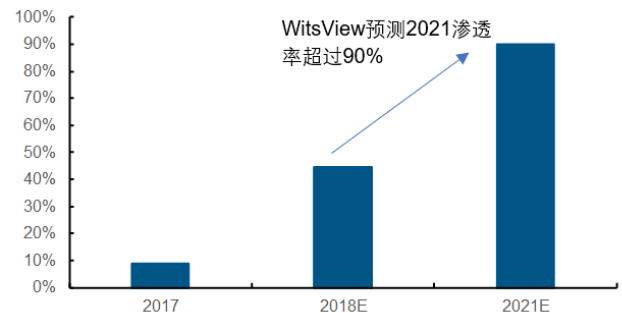
**全面屏的逐渐普及成为激光切割技术的增长点。**据 WitsView 预期，2018 年全面屏手机占智能手机市场渗透率有机会快速攀升至 44.6%，2021 年则将突破 90%。在 iPhone X 的带动下，屏幕呈异形化趋势，异形屏幕切割需求全面打开。新兴的激光切割相比于机械刀轮切割有强度高、边缘效果好，且可以自动分立废料，无残渣，切割速度快，不受加工形状限制等优势。因此，激光切割技术有望成为异形切割领域的核心切割技术。

图 24：金属中框需求量及渗透率



资料来源：IDC，长江证券研究所

图 25：全面屏渗透率



资料来源：Witsview，长江证券研究所

除此之外，精密激光加工技术在 Home 键、蓝宝石屏、玻璃盖板、导电玻璃、音量孔、不锈钢外壳、PCB/FPC、以及其它薄膜材料和脆性材料等都有广泛应用。如今电子元器件集成化要求越来越高、设计愈发倾向微小化，许多精细的深孔，如采用传统加工方式便很难完成。激光聚焦光斑能在很小的区域内集中很高的能量，尤其适用于加工微细深孔，最小孔径只有几微米，孔深和孔径比可大于 50 微米。

图 26：智能手机中激光加工技术应用

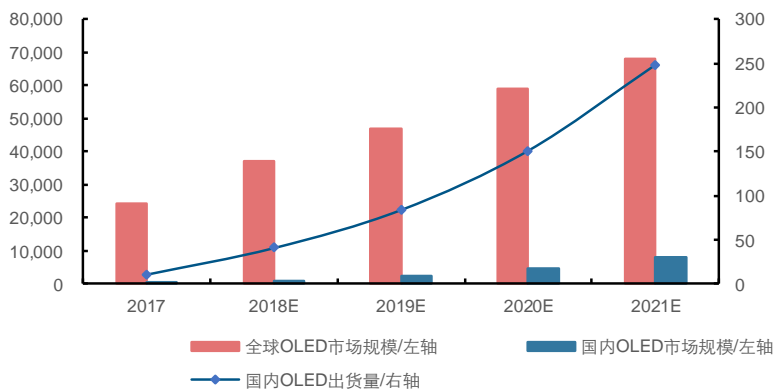


资料来源：艾邦产业通，长江证券研究所

## OLED 面板制造依赖激光切割与封装

OLED 显示技术不断走向成熟，随着国产 OLED 屏幕未来接力放量，产品价格有望得到优化，市场增速可观。2017 年全球 OLED 市场规模为 242 亿美元，据 IHS 预测 2021 年全球 OLED 显示面板市场规模有望达到 680 亿美元。其中中国市场增长贡献突出，预计中国市场规模有望从 2017 年 1.94 亿美元上升至 2021 年 80.99 亿美元。

图 27：OLED 市场规模（百万美元）及出货量（百万片）

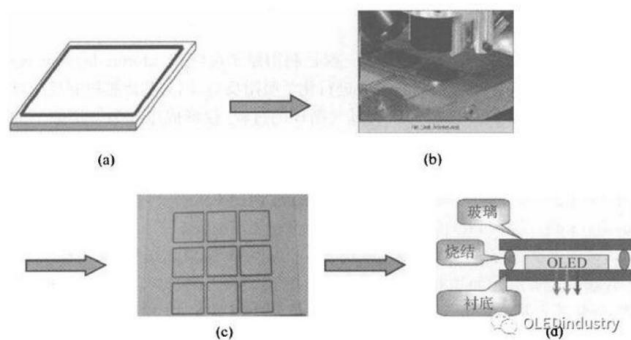


资料来源：IHS，长江证券研究所

**OLED 面板因其材料的特殊性，传统工艺无法实现，而激光技术主要可以用于切割、退火、及剥离。**从 OLED（硬屏）的结构来看，是为两层玻璃结构，激光加工时，需要将两层玻璃按照尺寸和加工边缘的要求进行切割。用传统机械切割方式加工比较困难，容易出现崩边大，裂纹等问题，导致切割良率比较低。再加上对显示面板要求日趋变薄，对于超薄玻璃的加工，传统机械加工方式更加难以解决。**激光切割采用非接触加工方式，具有先天的优势，对于薄玻璃及超薄玻璃均可加工。OLED 屏幕，可以做到两层玻璃一次性切断，并且可异形切割，具有切割边缘崩边小，精度高，无裂纹等优点。**

良好的封装是得到稳定的 OLED 器件最基本的要求，而与面板工艺的整合、是否降低成本，是决定使用哪一种封装材料和设备的重要考虑因素。**激光封装流程因其本身精准的密封技术、不用加入吸湿剂因而不会影响 OLED 出光，且覆盖的玻璃内部不用再蚀刻降低了成本。**

图 28：激光玻璃封装流程图



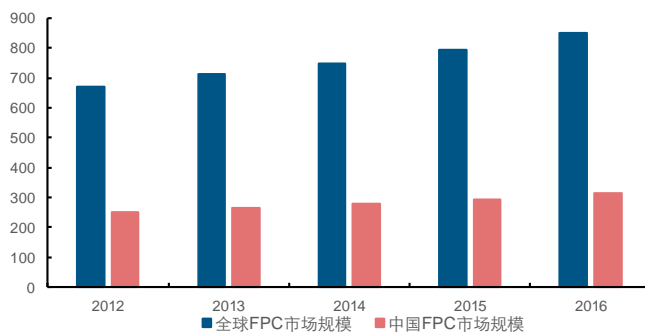
资料来源：OLED industry, 长江证券研究所

## 激光切割与激光打孔技术助力 FPC 产业腾飞

FPC 又称柔性印制线路板，是用柔性的绝缘基材制成的印制电路板，具有许多硬性印制电路板不具备的优点，它的配线密度高、重量轻、厚度薄、弯折性好。利用 FPC 可大大缩小电子产品的体积，符合电子产品向高密度、小型化、高可靠性发展的方向。

随着近几年智能电子产品销量的增长，FPC 作为适用于智能电子产品的印制电路板，成为智能电子产业发展的受益者之一。亚洲地区 FPC 下游市场不断兴起以及中国生产成本低于日韩及台湾地区的背景下，近年来中国逐渐成为 FPC 主要产地。2012 年 FPC 中国市场规模为 249.53 亿元，2016 年 FPC 中国市场规模增至 315.97 亿元。随着下游应用种类的不断扩展及需求量的日益增长，预计 FPC 市场规模增长率将持续增长。

图 29：全球及中国 FPC 市场规模（单位：亿元）



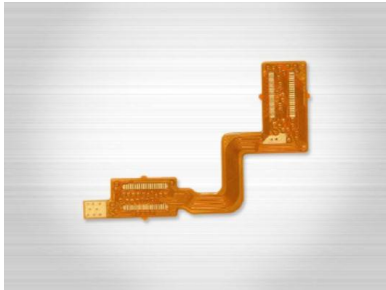
资料来源：Prismark, 长江证券研究所

**激光打孔逐渐取代机械钻孔，成为 FPC 板微孔的核心加工技术。**FPC 钻孔是 FPC 成型的主要工艺，微孔质量的好坏直接影响到柔性电子材料板的机械装配性能和电器连接性能，且钻孔加工占据了整个生产 35% 的时间和成本。最早的 FPC 打孔主要通过机械式实现，但随着高密度 FPC 的不断发展，机械钻孔技术已不能满足打孔小径化、高精度、高效率的需求。激光打孔逐渐取代机械钻孔，与机械打孔相比，激光 FPC 打孔分辨率更高、加工孔径更小，同时由于激光头不接触工件，不存在工具磨损，有显著成本优势。

**激光切割也在逐步取代传统的 FPC 切割技术。**传统的 FPC 切割加工是接触式加工方法，会对 FPC 产生加工应力，可能造成 FPC 物理损伤，影响产品的质量。相较于传统 FPC 切割工艺，激光切割主要有以下优点：（1）切割灵活性大：可分块、分层、指定块或选

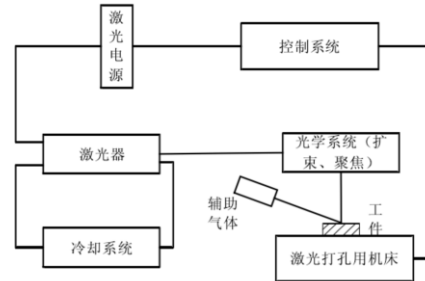
择区域切割；(2) 切割质量好：所切割的覆盖膜轮廓边缘齐整圆顺、光滑无毛刺、无溢胶；(3) 定位精准。

图 30：FPC 柔性电路板产品



资料来源：知网，长江证券研究所

图 31：激光技术原理图



资料来源：知网，长江证券研究所

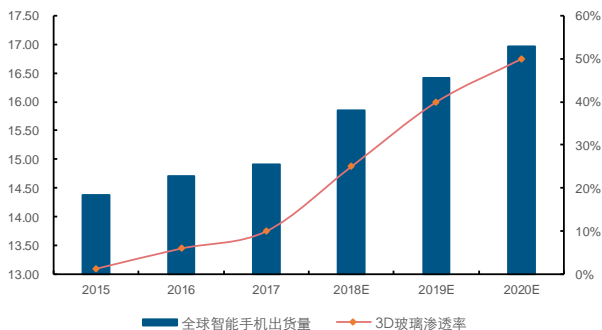
### 脆性材料（3D 玻璃）提升激光切割需求

3D 玻璃边缘和中心均采用弧形设计的玻璃，整个屏幕显得更加饱满，具有触感好、轻薄、颜值高等优点。3D 玻璃由于兼具美观与可大量生产以及可搭配 AMOLED 屏，被认为是未来 5G 通信最有潜力的手机外壳/盖板。

由于 3D 玻璃结构的特殊性以及厚度过薄，传统的机械切割会影响切割的成品率，3D 曲面玻璃采用 CO<sub>2</sub> 激光切割技术。CO<sub>2</sub> 激光切割技术以非接触的应力切割方式通过玻璃对激光的吸收，局部急剧升温产生应力，应力变化产生裂纹从而导致玻璃沿着激光扫描方向开裂切割。这种切割方法的主要优势在于：精度高；不产生微裂纹、破碎或碎片问题；玻璃的边缘抗破裂性极高；玻璃边缘保持了光学性能；无需冲洗、打磨、抛光，从而降低了制造成本；不会造成材料损耗等。

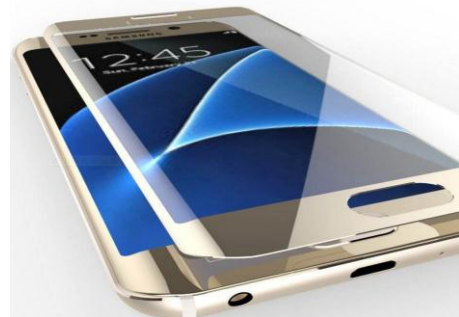
未来随着智能手机 3D 玻璃渗透率的提升，激光切割需求也随之提高。2015 年我国手机 3D 玻璃的渗透率还仅为 1.3%，至 2017 年智能手机 3D 玻璃的渗透率达到 10% 左右。预计 2018 年市场上大部分旗舰手机都会使用 3D 玻璃机壳，市场渗透率提高到 25%，智能手机 3D 渗透率跨越式发展将极大带动激光技术的需求。

图 32：全球智能手机出货量（部）及 3D 玻璃渗透率



资料来源：IDC、前瞻产业研究院，长江证券研究所

图 33：3D 玻璃机壳广泛应用于旗舰手机



资料来源：OFweek，长江证券研究所

## 重工制造——汽车、航空、轨交、船舶

激光加工技术在工业领域的应用更加广泛。2017 年重工制造领域激光加工市场空间为 337 亿元，预测未来三年市场空间有望达到 408 亿元、490 亿元、588 亿元。激光技术在汽车领域应用空间较大，先进汽车制造技术离不开激光加工，预计未来三年汽车领域市场空间依次为 150 亿元、180 亿元、216 亿元。同时在航空航天领域以及轨交领域激光加工技术也应用广泛，未来有一定提高空间。

表 4：重工制造领域激光加工市场空间测算（亿元）

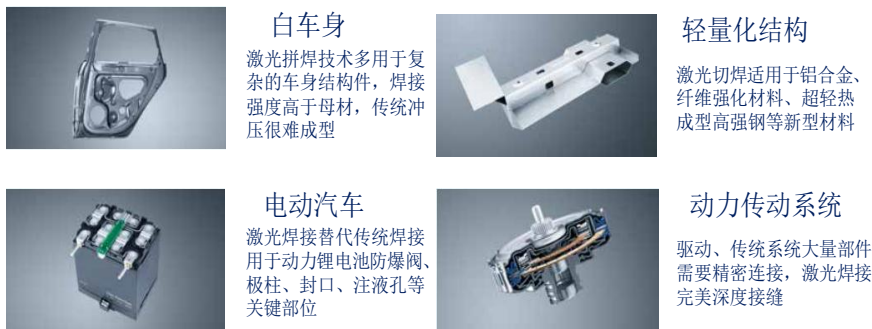
分类	2015	2016	2017	2018E	2019E	2020E
汽车	86	96	124	150	180	216
航空航天	41	46	59	72	86	104
轨交	55	62	79	-96	115	138
其它（含船舶）	52	58	74	90	108	130
合计	235	262	337	408	490	588

资料来源：中国激光杂志社，Laser Focus world，中国激光产业发展报告，长江证券研究所

## 激光技术引领先进汽车制造

安全、舒适、节能和环保一直是世界汽车工业发展的主题。激光焊接与激光切割工艺在汽车工业领域尤其得到重视和广泛应用，欧美发达国家 50%-70% 的汽车零部件都使用激光加工完成，激光切焊已逐步成为汽车标准工艺之一。

图 34：汽车制造中使用激光加工的主要领域



资料来源：TRUMPF，长江证券研究所

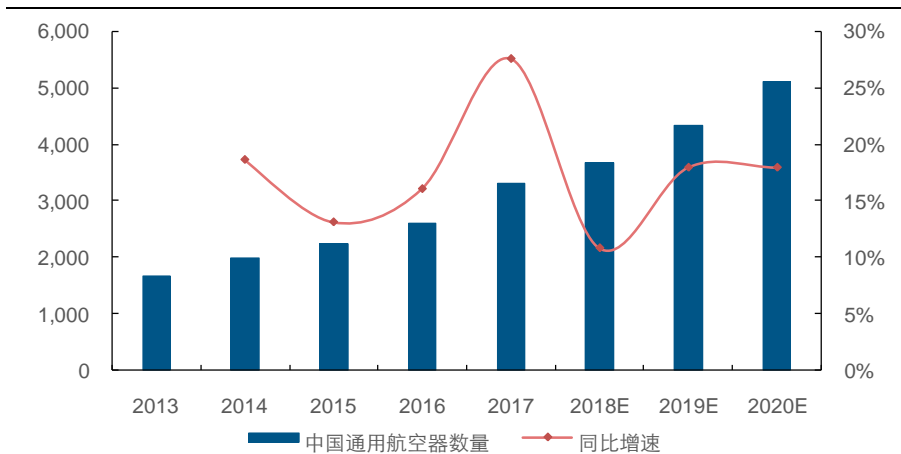
**激光焊接在汽车工业中已成为标准工艺，主要用于车身拼焊、焊接和零件焊接。**由于激光拼焊具有减少零件和模具数量、减少点焊数目、优化材料用量、降低零件重量、降低成本和提高尺寸精度等好处，其被用于如前挡风玻璃框架、车门内板、车身底板、中立柱等的生产中。用激光焊接技术，工件连接之间的接合面宽度可以减少，既降低了板材使用量也提高了车体的刚度。

**激光切割主要用来开发新车型、在线切割等。**例如切割样车零件，车身覆盖件的切孔、修边，切割方向盘孔、车身挡风板、车顶盖支架孔、安全气囊部件、液压成型部件等。BMW、奔驰、Fiat、Volvo、大众、日产等公司都拥有用于车身加工的五轴激光加工机。三维激光切割在车身装配后的加工也十分有用，例如开行李架同定孔、顶盖滑轨孔、天线安装孔、修改车轮挡泥板形状等。

## “中国制造 2025” 航空工业发展为激光加工带来机遇

《中国制造 2025》明确指出要发展航空工业，国家政策和资本市场越来越关注航空工业、航空产品，为航空工业发展提供了重要的战略支撑，我国航空工业正迎来发展的黄金时期。近几年随着我国对低空空域管制体制改革以及国家政策对航空工业的支持力度加大，以通用航空器为例，预计未来三年中国通用航空器数量有望保持 10% 以上的增长。

图 35：中国通用航空器数量（架）



资料来源：智研咨询，长江证券研究所

**激光切割技术在航天航空设备制造中应用广泛。**航天航空设备外壳采用特殊金属材料制成，强度高、硬度高、耐高温，普通的切割手段很难完成材料的加工，激光切割是一种高效的加工手段，可用激光切割加工飞机蒙皮、蜂窝结构、框架、尾翼避板、直升机主旋翼、发动机机匣和火焰筒等。国际上众多的航空发动机企业采用三维激光切割设备进行燃烧器段的高温合金材料的切割和打孔任务，同时在军用和民用航空器铝合金材料或特殊材料加工领域激光切割也获得了重点推广。

**激光焊接技术由于能够有效减轻飞机重量且焊接质量好，为飞机增加座位、提高运载量、降低耗油量提供了较大支持，因此受到飞机制造商广泛青睐。**欧洲空客是第一家将激光焊接结构代替传统铆接结构应用于飞机铝合金壁板和桁条连接的航空制造企业，其主要机型空中客车 A380 采用激光焊接技术后较采用传统工艺增加了 35% 的座位和 49% 的地板空间，座位英里成本比普通飞机降低 15%~20%，并且使机身总质量减轻了 20 吨（相当于机身净重的 15%），成本下降了 25%，成为了载容量最大的民用飞机。

图 36：A380 激光焊接过程



资料来源：OFweek，长江证券研究所

## 国内高铁、地铁发展方兴未艾

近年来我国高铁与地铁领域快速发展。2017 年全国高铁营业总里程达到 2.5 万公里，地铁运营长度达到 3881 公里。总里程的扩张必然伴随着更多的轨道列车投入使用，而且当今轨道列车的生产已经离不开激光加工技术。

随着我国高速铁路的飞速发展，车体材料也由普通合金钢材料发展到不锈钢、铝合金型材。材料的变更带动了激光切割、激光焊接技术在铁道车辆制造领域的应用。激光加工技术在铁道车辆制造领域主要应用于板材及型材下料、关键部件。激光切割容易实现切割过程控制自动化，能大大缩短生产周期和降低制造成本，提高产品质量，现在已经部分代替冲压加工工艺和机械加工工艺。

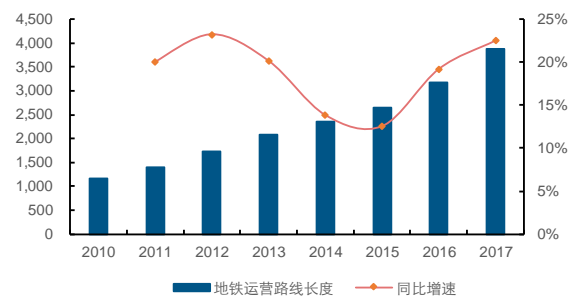
同时在地铁领域，不锈钢车辆因其较好的撞击吸能特性、防火安全性、轻量化和维护成本低等特点，已成为重要的发展方向之一。尽管不锈钢的焊接性能优良，但是不锈钢车体和普通碳钢车体相比，易产生热变形，因此，**较低热输入、非接触型、能连续焊接的激光焊接是一种理想的焊接方法，在铁路装备制造中得到重点推广。**目前，不锈钢车体激光焊接技术已应用到北京地铁 14 号线、成都地铁 2 号线等项目。

图 37：全国高铁营业里程（公里）



资料来源：Wind，长江证券研究所

图 38：全国地铁运营路线长度（公里）

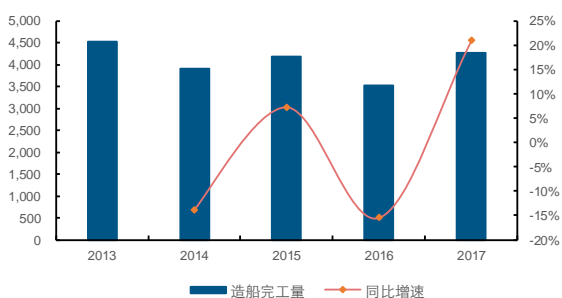


资料来源：Wind，长江证券研究所

## 船舶工业复苏拉动激光切割、焊接需求

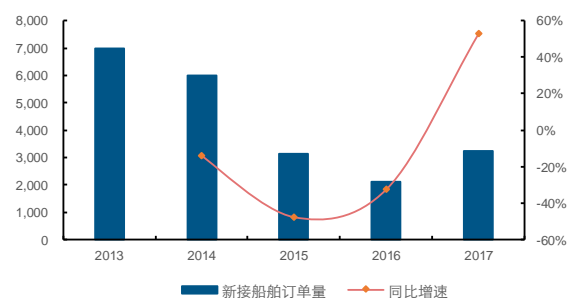
我国船舶工业逐渐复苏，2018 年有望延续 17 年增长趋势。2016 年是船舶工业“十三五”的开局之年，2017 年开始，我国船舶工业开始复苏，18 年从承接新船订单来看有进一步增长趋势。2017 年全国造船完工 4268 万载重吨，同比增长 20.8%；承接新船订单 3373 万载重吨，同比增长 60.1%。

图 39：国内造船完工量（万吨）及增速



资料来源：Wind，长江证券研究所

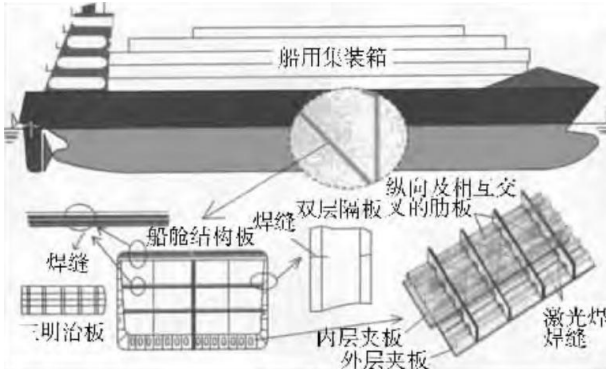
图 40：新接船舶订单量（万吨）及增速



资料来源：Wind，长江证券研究所

近几年，“精密造船”和“快速造船”成为船舶制造业发展的主要趋势，激光切割与激光焊接技术在船舶工业制造中应用广泛。焊接工时约占到建船总工时的 30%~40%，焊接生产效率和焊接质量直接影响到船舶加工制造的生产周期、成本费用以及船体质量等。从 20 世纪 90 年代中期，激光作为一种加工手段开始应用于造船工业。相比一般焊接，激光焊接技术可以有效减小焊接变形和焊缝缺陷，再加上近年来大功率连续激光器的发展和应用，激光焊接的钢板厚度、焊缝质量和焊接效率也随之大幅提高。

图 41：激光焊接技术在船舶制造中的应用示意



资料来源：《激光焊接技术在船舶制造中的发展及应用现状》，长江证券研究所

图 42：船舶工业制造中 4 kW CO<sub>2</sub> 激光器切割效果



资料来源：《激光切割技术在船舶制造中的应用现状与发展趋势》，长江证券研究所

## 激光巨头雄踞四海，国产替代蓄势待发

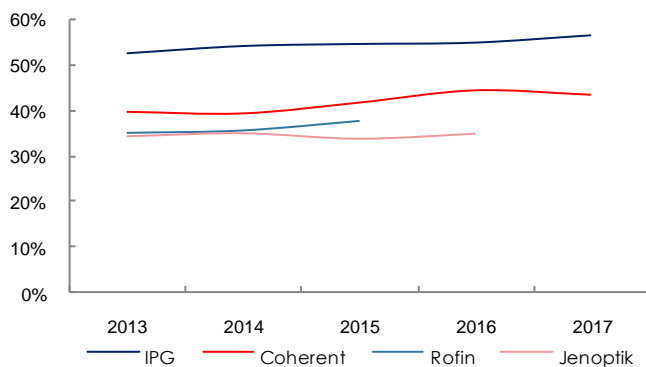
全球激光产业四巨头分别是：大族激光（中国）、IPG（美国）、COHERENT（美国）、TRUMPF（德国）。激光加工步入新阶段，企业的核心竞争力也在随之变化。

随着先进制造理念由西方制造强国传导至中国等制造大国，激光加工装备市场呈现加速增长，空间进一步扩容的同时出现分化。低端通用激光切割、打标市场同质化竞争严重，而高端大功率装备则成为盈利的制高点，以千瓦功率为分水岭，可谓一半海水一半火焰。

### 产品高盈利的来源——技术壁垒，研发构成核心竞争力之一

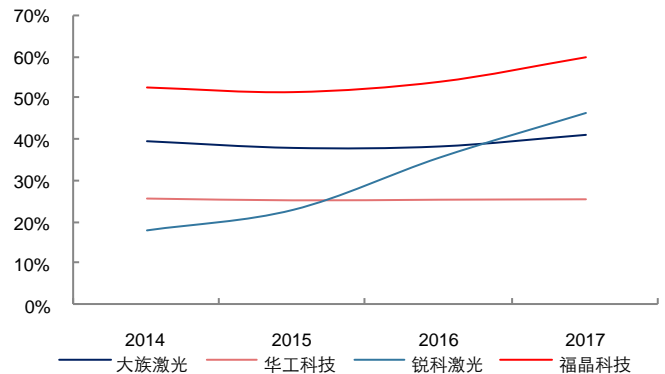
激光产业的特点之一，在于产品高盈利属性，激光龙头企业销售毛利率通常在 30% 以上，上游核心光学元件企业可以长期保持 50% 以上的毛利率。

图 43：海外激光产业龙头毛利率



资料来源：Wind，长江证券研究所

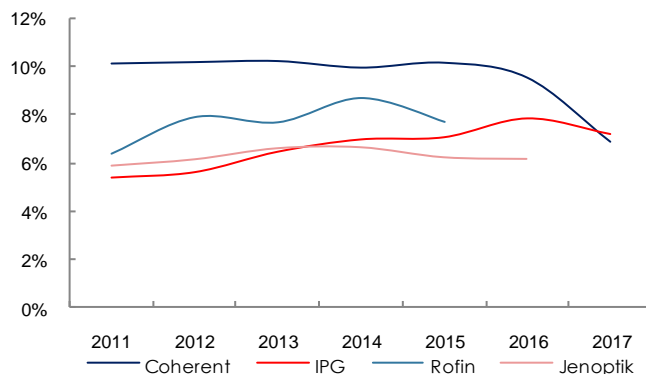
图 44：国内激光产业龙头毛利率



资料来源：Wind，长江证券研究所

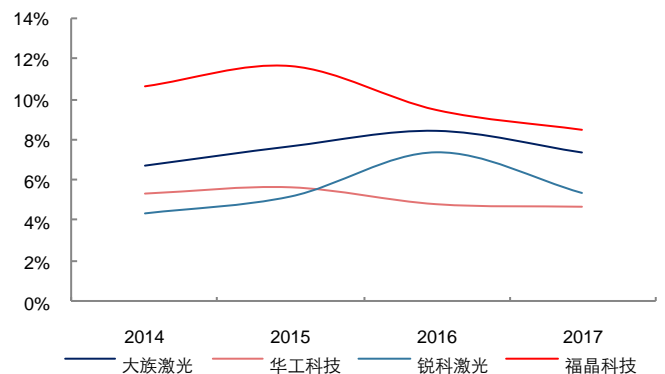
究其原因，我们认为可以概括为：**前沿技术创新、光机电综合制造、批量供应能力以及售后服务覆盖的四维一体行业护城河**，其中激光器技术演进、激光装备的推陈出新为研发实力雄厚的龙头企业带来巨大竞争优势。

图 45：海外激光产业龙头研发投入占比



资料来源：Wind，长江证券研究所

图 46：国内激光产业龙头研发投入占比



资料来源：Wind，长江证券研究所

专利是高新技术产业的强大壁垒，以激光焊接专利为例，国内持有专利前十大中大多为科研单位、高校院所以及跨国企业，大族激光作为国内激光加工设备龙头，位居国内企业第一。在过去十余年公司坚持高比例研发投入，装备技术不断进步，积累了深厚的专

利基础。目前大族拥有各项专利 3000 余项，发明专利 600 余项，几乎占据整个行业的一半。

表 5：国内激光焊接类别专利拥有数量排名

排名	发明专利申请人	发明专利权利人	实用新型专利权人
1	大族激光股份有限公司	哈尔滨工业大学	大族激光股份有限公司
2	华中科技大学	华中科技大学	力神电池
3	哈尔滨工业大学	北京工业大学	大族激光产业集团
4	宝锦激光	上海交通大学	宝锦激光
5	北京工业大学	丰田自动车株式会社	毛建锋
6	大族激光产业集团	大族激光股份有限公司	华中科技大学
7	丰田自动车株式会社	江苏大学	楚天激光
8	力神电池	松下电器	宝钢阿赛洛激光拼焊
9	江苏大学	湖南大学	北京工业大学
10	上海交通大学	西门子公司	通发激光

资料来源：中国专利数据库，长江证券研究所

持续高研发投入为国内激光龙头国产替代之路不断加速，例如，大族激光成功制造中国首台高架龙门三维五轴激光加工（切割、焊接、3D 打印）机床与热成型件三维五轴激光切割机，代表着目前全球数控机床的最高技术水平，打破德国、日本、意大利等少数行业巨头的把控。

**聚焦到核心部件，紫外激光器、特种光纤分别是低功率精密加工与高功率重型加工领域的强大护城河。**

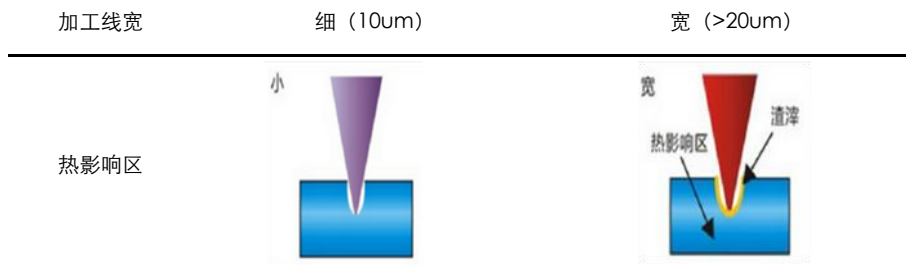
### 紫外激光——精密制造神兵利器

紫外激光具有短波长的特性，单光子能量高，能够直接照射打断材料化学键，使其直接气化而形成光化学剥离，对周围影响较小，因而可以获得超高的加工精度和边缘质量，广泛应用于半导体材料、微光学元件和 PCB 领域。

紫外激光器的输出波长在 0.4 $\mu$ m 以下，其特点是波长短、能量集中、分辨率高。紫外激光通过直接破坏连接物质原子组分的化学键，这种将物质分离成原子的过程是一个“冷”过程，不产生对外围加热。另一方面，大多数材料都能有效吸收紫外光，从而可被用来加工红外光和可见光激光器加工不了的材料。

表 6：紫外激光器与红外激光器对比

激光器属性	紫外激光器	红外激光器
波长	短 (266nm-355nm)	长 (1064nm)
光束质量	优	一般
单光子能量	大	小
加工原理	冷加工（打破材料分子化学键产生刻蚀）	热加工（震动热效应，材料溶解挥发，产生刻痕）



资料来源：OFweek，长江证券研究所

紫外激光器主要分为两类：固体紫外激光器与气体紫外激光器。固体紫外激光器，是输出波段在紫外区（10nm~400nm）的固体激光器的统称，使用固体激光材料做为工作物质。气体激光器包括以脉冲方式工作的准分子激光器、以连续方式工作的离子激光器和氦-镉激光器以及金属蒸气紫外激光器，气体紫外激光器的波长依赖于所使用的气体混合物类型。

固体紫外激光器主要是应用在精密加工领域，在消费电子、显示面板、PCB 与半导体制造过程中被广泛应用。切割、钻孔、打标等工艺都离不开固体紫外激光器的身影。

表 7：固体紫外激光器应用领域

领域	材料	紫外激光器应用工艺
消费电子	蓝宝石 (Home 键、镜头保护件)	切割
	不锈钢中框	PVD 去膜
PCB	刚性 PCB、柔性 PCB	切割/切削、钻孔、打标
	电阻器	修整
	环氧胶、焊料	修理
	光刻胶、高密度互连 (HDI)	划线、成像
	陶瓷	打标、修整、划线、成像
显示面板	玻璃	划刻、打标、钻孔、切割
	薄膜晶体管 (TFT、滤色镜、光掩膜)	修复
半导体	硅、砷化镓、低导电材料、陶瓷、氮化镓、氮化铝镓、铜等材料	划刻/划切

资料来源：互联网，长江证券研究所

近几年随着中国大力推进集成电路产业发展，用于半导体和消费电子产品的微加工系统销量大幅增长，进而引发对紫外激光器的大量需求。2014 年国内紫外激光器销量仅为 2300 台，到 2017 年销量已经超过 20000 台。

### 特种光纤——重工制造不可或缺

特种光纤在特定波长上使用，为了实现某种特定功能而设计制造的光纤，因此具有品种繁多的特点。相比普通光纤，特种光纤在制备工艺上更为复杂，技术要求高，其中部分高端产品，具备军民两用特性。将特种光纤按应用划分可分为有源及无源器件、激光器及光纤传感三大领域。

图 47: 特种光纤功能及应用



资料来源: 长飞光纤光缆官网, 长江证券研究所

特种光纤是光纤激光器中的关键原材料, 同时也是激光传输最便捷的传输介质, 光纤激光器的性能和应用前景主要取决于特种光纤的设计和制控制及光纤耦合技术。作为基本元件之一的光纤布拉格光栅可以直接刻在增益介质中, 这将对光纤激光器的稳定性和可靠性起至关重要的作用。光纤激光器中常用的特种光纤有掺镱光纤、无源匹配光纤以及最后激光输出的大芯径传能光纤。其主要特点如下表:

表 8: 激光器领域特种光纤种类及应用

特种光纤种类	光纤特点	应用领域
掺镱光纤	纤芯掺杂稀土镱元素, 当使用合适波长的外部光源进行泵浦时能够在 1030-1080nm 实现放大	掺镱光纤放大器和激光器
无源匹配光纤	优化工艺参数精确控制几何指标, 低数值孔径确保单模输出, 显著提高与有源光纤的熔接性能, 降低熔接损耗	全光纤一体化设计的光纤激光器和放大器
大芯径传能光纤	可加工成传能跳线用于高功率激光的柔性传输	光纤从红外到紫外全波段应用, LED 和激光光源的高效耦合, 适用于高功率光能量传输应用

资料来源: 中国光电子器件产业发展路线图, 长江证券研究所

我国特种光纤行业相比发达国家仍然落后, 2007 年美国对华高科技产品出口管制的 20 类产品清单中明确包含了特种光纤, 禁运导致我国在特种光纤领域存在较大的市场缺口。特种光纤是激光器等重要的原材料, 特种光纤行业落后阻碍了相关下游应用领域的发展, 因此推动特种光纤产业的应用与发展迫在眉睫。

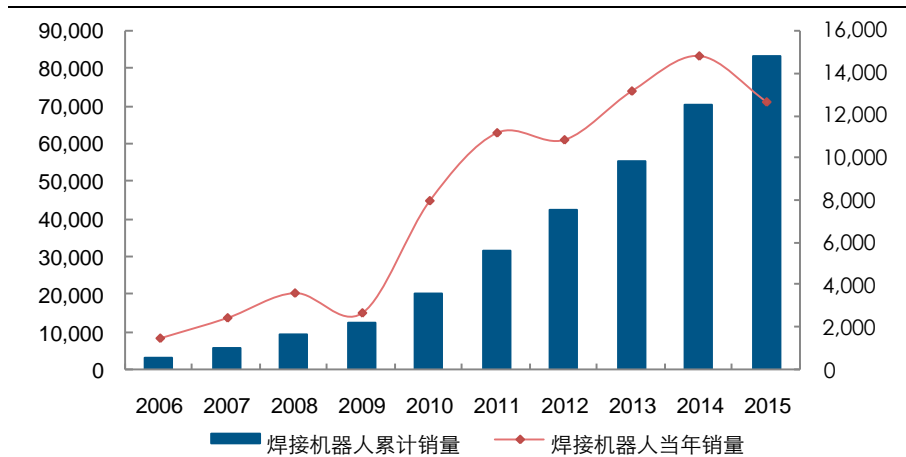
## 设备形态的新趋势——高功率成套自动化装备, 核心竞争力之二

我们认为, 激光加工设备未来的两大核心趋势是高功率化与成套装备化, 高功率装备与机器人结合形成的成套自动化装备将成为行业盈利制高点。同时意味着, 高功率激光将迎接量价齐升的逻辑, 行业景气度进一步走高。

## 高功率装备自动化大势所趋

焊接机器人是工业机器人中使用最广泛的类型，全球在役机器人中超过一半是焊接机器人。我国焊接机器人市场也随着国内人工成本上涨而迅速扩大，年销售量突破万台，截至 2015 年全国累计销售超过 8 万台，在全国各类工业机器人累计销量占比超过三成。

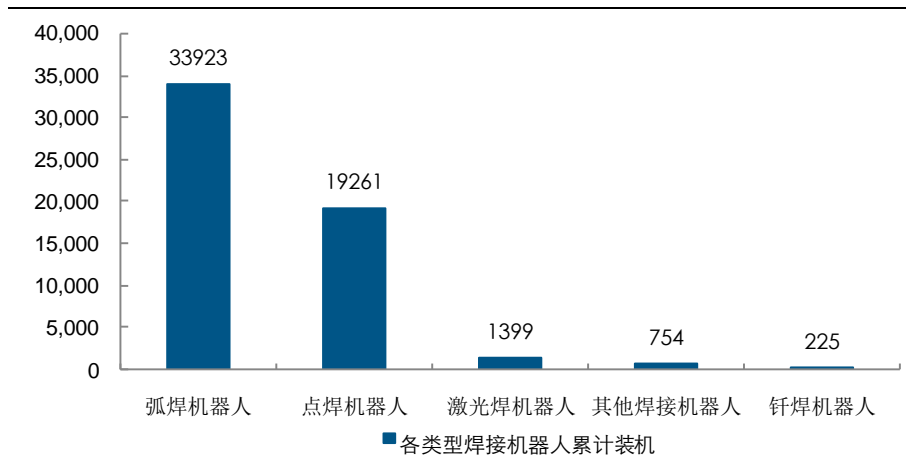
图 48：我国焊接机器人销售（单位：台）



资料来源：《焊管》，长江证券研究所

焊接装备自动化在全球先进制造的大环境下已经是大势所趋，但从焊接机器人的类型来看，我国激光焊接的占比远远低于弧焊与点焊，以 2013 年数据为例，激光焊接机器人占比仅为 2.5%。

图 49：2013 年我国各类型焊接机器人累计装机情况



资料来源：《焊管》，长江证券研究所

汽车制造流程分为冲压、焊装、涂装和总装四大流程，这使得汽车制造成为焊接自动化最大的应用领域，其中激光焊接方兴未艾，目前德系车厂以大众为首广泛使用激光焊接车顶、车身、侧框等钣金加工。而近年来汽车车身轻量化趋势也使得铝合金、镁合金以及其他符合材料在材料结构的比例提升，传统加工方式往往束手无策。

图 50: 奥迪 A8 车身材料结构图

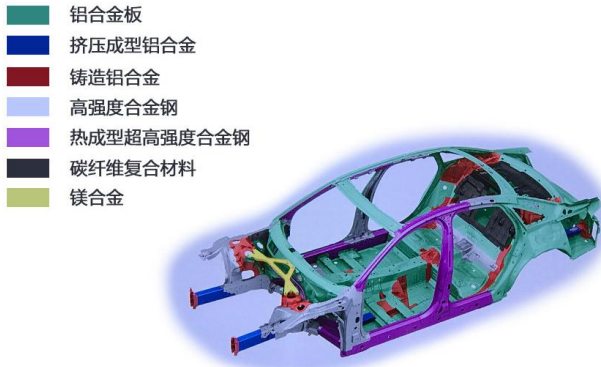
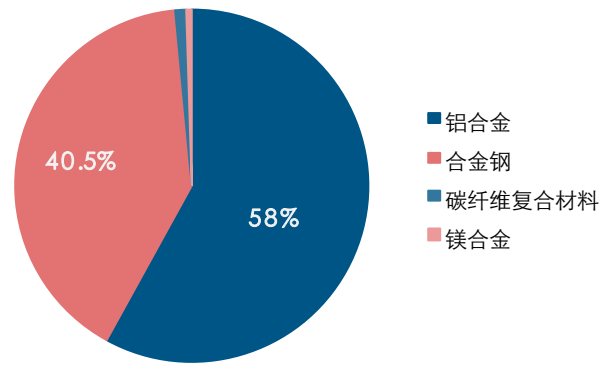


图 51: 奥迪 A8/A8L 车身材料构成比例

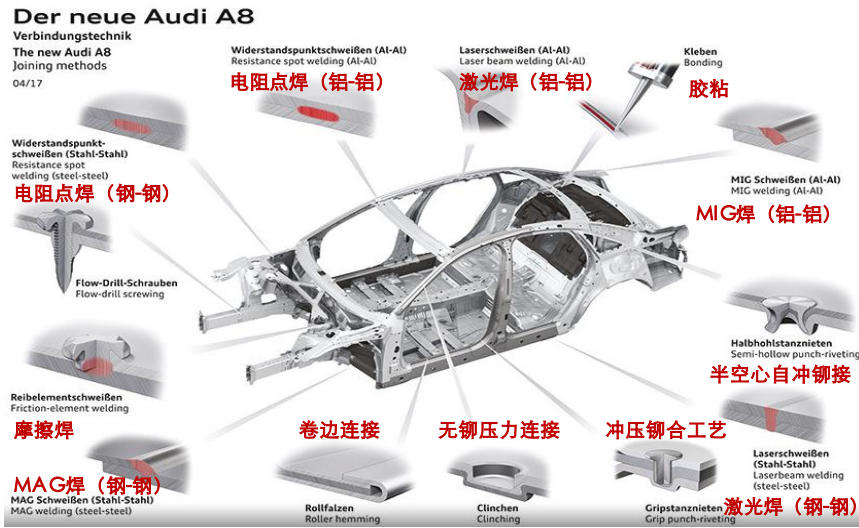


资料来源: 爱卡汽车, 长江证券研究所

资料来源: 爱卡汽车, 长江证券研究所

以奥迪 A8 的车身连接技术为例, 共使用了包括激光焊在内的十四种不同工艺。激光焊接最经典的应用是车顶与侧边连接, 未来还将逐步侵蚀电阻点焊与胶粘等传统连接工艺。

图 52: 奥迪 A8 轻量化车身连接技术



资料来源: 爱卡汽车, 长江证券研究所

如果将视角上升至整个国内焊接切割设备换装市场, 仅国内就拥有大型机械加工企业近万家, 高功率激光自动化装备需求旺盛。按照当前的装备升级速率, 对应每年新增高功率激光切割自动化成套设备 2500 台以上 (平均单台价值 200 万)、高功率激光焊接自动化成套设备 500 台以上 (平均单台价值 400 万), 因此国内高功率激光成套设备年新增需求可达 70 亿元以上。

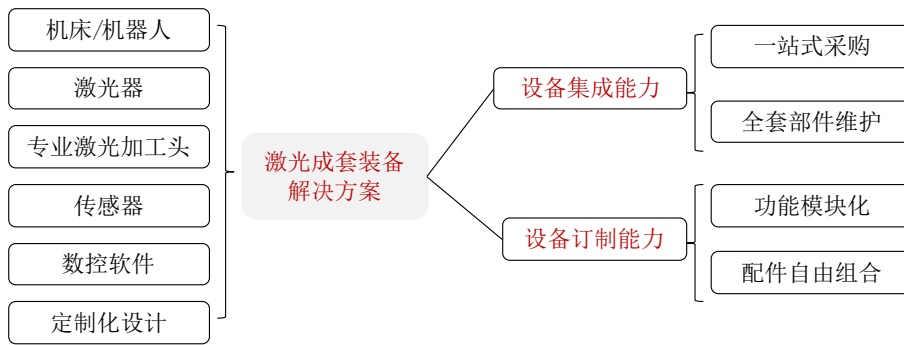
### 成套装备蓝海市场, 龙头企业优势显著

由于中小功率激光器的国产化, 1KW 以下的激光设备构造简单, 因而已成为竞争激烈的红海市场。成套装备是光机电一体的复杂系统集成, 对制造商的综合要求极高。

我们认为, 成套设备制造商必须具备两点核心能力:

**1) 设备集成能力。**成套装备包含有机床/机器人、激光器与专业激光加工头等多项高壁垒部件，综合解决方案商可提供从光源、光束传输部件、加工头到智能传感器的一站式采购。由于大型设备使用寿命通常长达 8-10 年，采购方非常重视设备商的设备保养、维修服务能力，响应时间直接关联停工损失，因而偏好核心部件原装自制的供应商。

图 53: 激光成套装备解决方案主要构成及供应商核心优势

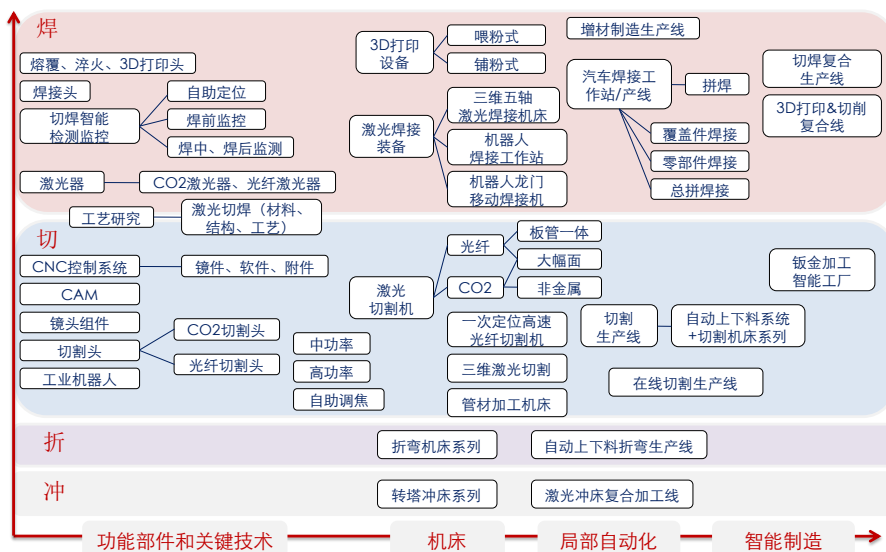


资料来源：长江证券研究所

**2) 设备订制能力。**由于客户需求多样化，设备定制化程度极高，因此供应商实现功能模块化的能力至关重要。将焊接、熔覆、切割、钻孔、材料去除、淬火、成型、打标等多种加工手段以模块形式任意组合成多功能成套设备。除功能模块外，优秀的供应商可实现多种焊接头、扫描振镜、激光器的自由便捷的切换，复合柔性制造需求。

因此，高功率成套自动化装备拥有强大的护城河，有望长期成为龙头企业活跃的蓝海市场。大族激光从激光加工头、准直系统、振镜、激光器等核心部件出发，结合自身床身、横梁、工作台等机床模块设计优势，引入自动上下料、机械手等智能制造辅助系统，打造智能化成套加工设备。

图 54: 大族激光智能装备集团战略规划



资料来源：大族激光，长江证券研究所

## 剖析激光龙头成长历史，探究国产化破局之路

我们选取两家最具代表性的海外激光巨头 IPG Photonics 与 TURMPF，两家企业的成长历史可以说是全球激光加工商业化的历史。

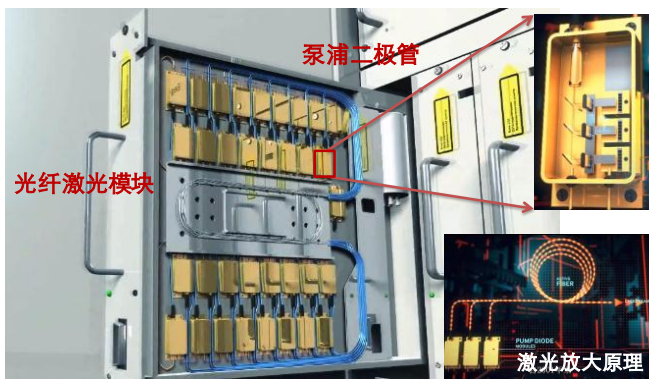
### IPG：鸿蒙强者携两大法宝，制霸光纤激光全产业链

IPG 公司由“光纤激光之父”Valentin Gapontsev 博士于 1991 年创立，最初成员仅数名俄罗斯科学家和工程师。公司的发展历程可大致概括为三个阶段：

**1、(1991—2001) 初创探索期。**IPG 在发展初期主要研制掺铒光纤激光器和元件，由于彼时工业激光应用尚未打开，激光技术主要应用于电信与医疗。IPG 受意大利电信运营商意达太尔委托开发高功率光纤放大器并大获成功，于 1997 年开始成为德美日电信业高功率多端口放大器的大型 OEM 供应商。

**2、(2002—2006) 技术突破期。**随着 2000 年后电信资本开支的下滑，IPG 深受影响。公司投入所有资源转型技术，主攻高功率泵浦二极管、专业光纤、光学元件等核心部件，最终形成了 IPG 制霸光纤激光器的两大法宝——**泵浦二极管、有源光纤**。

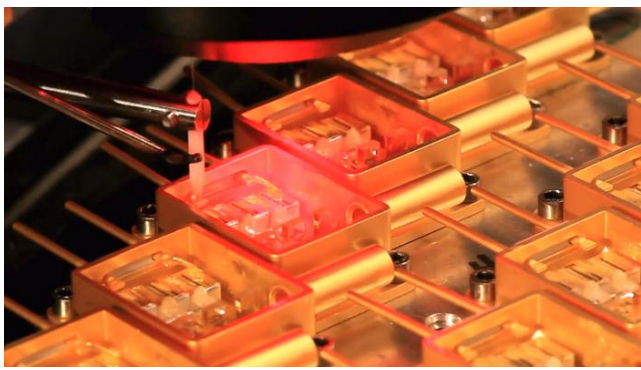
图 55：IPG 光纤激光器由大量泵浦二极管组成



资料来源：IPG，长江证券研究所

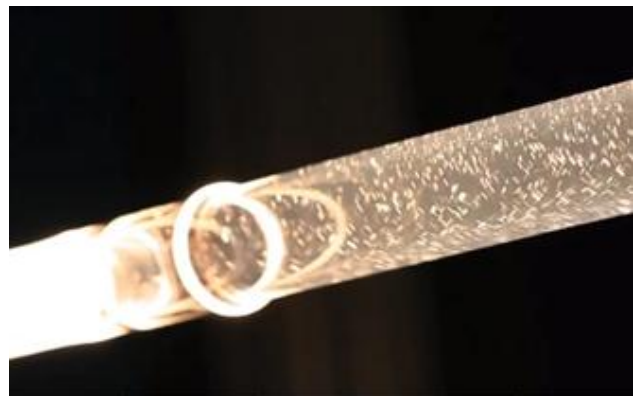
IPG 在实现了高质量泵浦二极管的自动化高效生产后，不仅相比原先采购成本降低 90%，且可靠性更加出色。有源光纤制备技术则来自于创始人 Gapontsev 博士，其拥有 8000 多种不同结构、成本、掺杂水平的玻璃、晶体、光纤实验基础。

图 57：IPG 泵浦二极管高度自动化生产



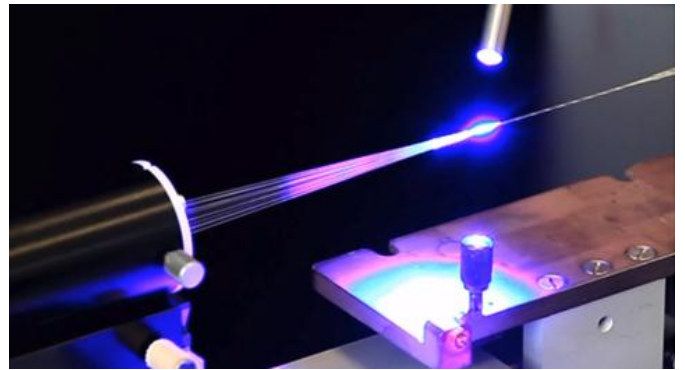
资料来源：IPG，长江证券研究所

图 56：IPG 有源光纤实现泵浦光增益



资料来源：IPG，长江证券研究所

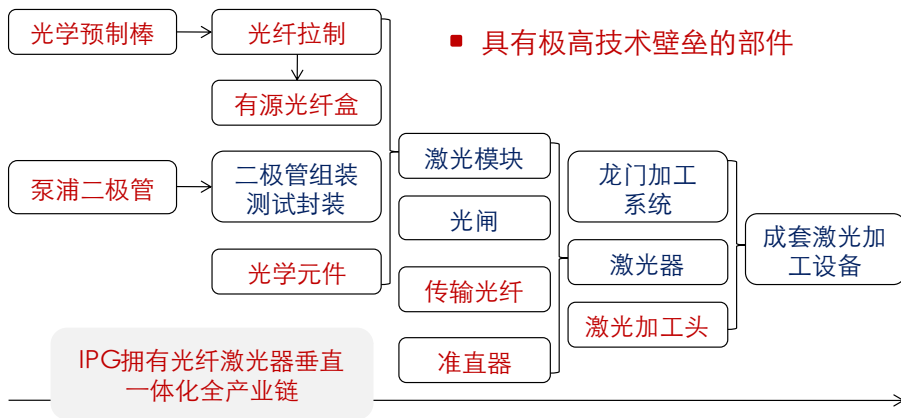
图 58：IPG 独特的光纤制造技术



资料来源：IPG，长江证券研究所

从而在整体上，IPG 形成了从泵浦放大器、激光器的二极管，到生成和传输激光辐射的各种专业光纤，以及许多其他光学和光电子元件等，所有核心元件的自制。从理论基础、结构设计、专利申请、专用生产设备四个层面构建护城河，形成内部生产闭环。**高度垂直一体化的全产业链能力，使得 IPG 成为行业内净利率水平最高的企业。**

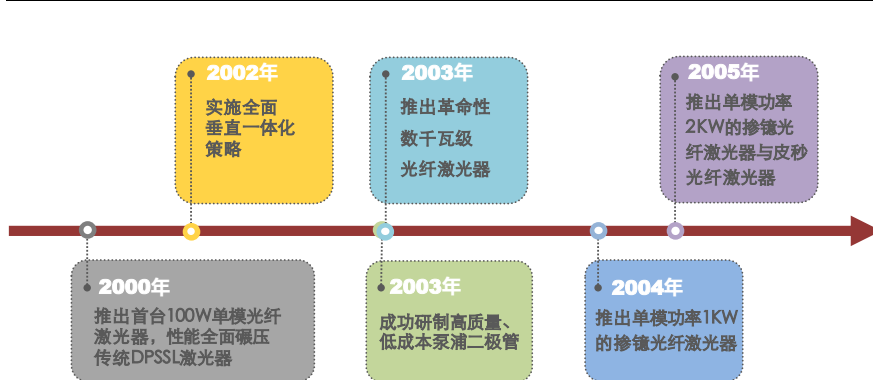
图 59：IPG 光纤激光器拥有垂直一体化全产业链



资料来源：IPG，长江证券研究所

期间公司还成功推出革命性千瓦级光纤激光器，对传统晶体、气体激光器形成了巨大替代效应，改变了全球钣金加工的竞争格局。在技术突破期，IPG 完成了营业规模的第一轮爆发，从 2002 年的 2200 万美元增长至 2006 年的 1.43 亿美元。

图 60：IPG 技术突破期推出的光纤激光器不断刷新行业天花板

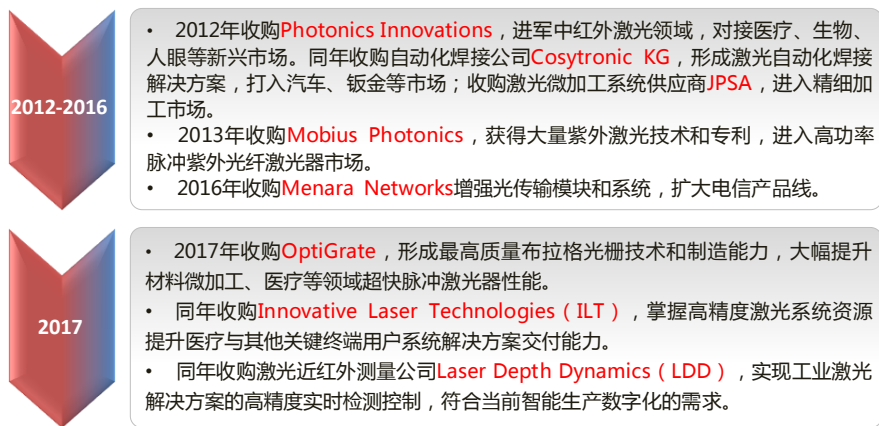


资料来源：IPG，长江证券研究所

**3、(2007—至今) 并购整合期。**2006 年公司登陆美股后，开始了一系列并购扩张动作，通过收购 IPG 进入超快激光材料微加工、中红外激光医疗等新兴领域，且引入配件、机床、检测等资源，打造成为激光整体解决方案供应商。

快速大量的并购使得 IPG 得以迅速进入高速增长的应用领域，发挥自身激光器核心优势，形成 1+1 > 2 的协同效应。由此 IPG 营业规模进入第二轮爆发，由 2006 年的 1.43 亿美元增长至 2017 年的 14 亿美元。同时，收购带来的技术专利大多是激光研究最前沿应用，有利于提升公司整体护城河。

图 61: IPG 上市以来的并购扩张



资料来源：IPG，长江证券研究所

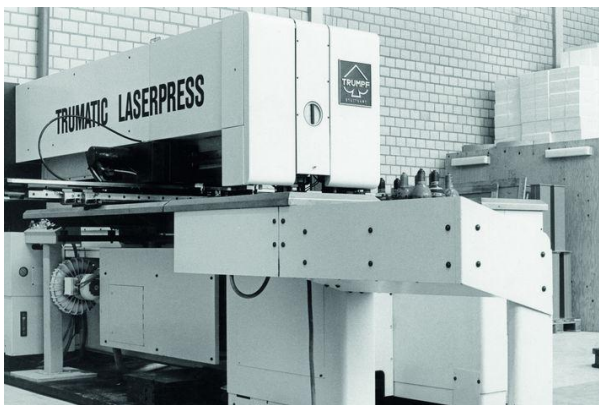
## TRUMPF：老牌劲旅转型先进制造，机床与激光珠联璧合

通快激光（TRUMPF）的发展历程与 IPG 并不相似，可以说 IPG 是自上而下的技术转商用化的发展路径，而通快则是钣金装备起家，自下而上的发展，通过机床与激光加工的完美结合，打造了激光数控机床的王者地位。

通快激光的发展历程可以划分为两大阶段：

**1、(1923-1979) 机床加工时代。**公司 1923 年成立于德国斯图加特，主营业务为挠性轴。很快，公司在钣金加工领域研制出当时最为先进的剪床、剪板机等设备，同时公司在板材加工定位系统取得突破，形成了后来数控机床的雏形。

图 62: 通快首台冲裁激光机床



资料来源：TRUMPF，长江证券研究所

图 63: 通快首台冲压、步冲、等离子一体设备



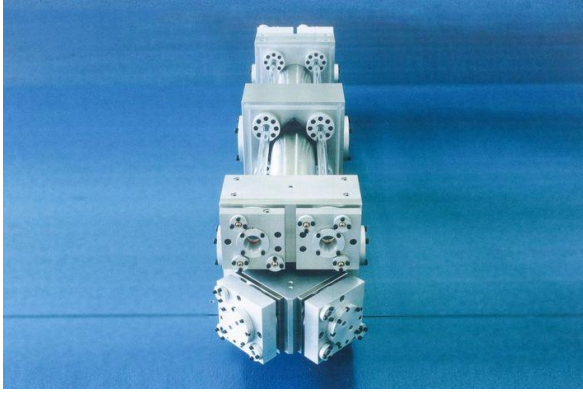
资料来源：TRUMPF，长江证券研究所

期间，“步冲机床之王”通快公司通过步冲机床、自动化数控金属板加工装备、冲裁激光机床等先进设备研制销售，成功打入德国、瑞士、美国等全球重要工业市场。

**2、(1979-至今) 数控机床时代。**随着全球经济繁荣，钣金加工需求急剧膨胀，行业对高效、先进、低成本的加工方式极为渴求，数控机床迎来历史性发展机遇。

与此同时，通快激光装备迅猛发展，公司 1979 年推出冲裁激光机床，使用美国进口 CO<sub>2</sub> 激光器。感受到核心部件激光器广阔的发展前景与盈利能力，通快大力投入激光器研发，成功于 1985 年自主开发 CO<sub>2</sub> 激光器 TLF1000，转型激光器与数控机床复合制造商。

图 64：通快自研 CO<sub>2</sub> 激光器 TLF1000



资料来源：TRUMPF，长江证券研究所

图 65：通快推出飞行光学导光系统的平板激光切割机



资料来源：TRUMPF，长江证券研究所

80、90 年代，通快激光进入激光器与数控机床两个层面的技术高速发展时期，期间公司不仅首创千瓦级折叠式激光器，且以深厚的数控定位技术为基础，开创了激光加工头代替加工部件移动的“飞行激光”加工方式，契合大幅面钣金加工的需求，并成为当前激光数控机床的主要加工模式。

由于通快是半路出家的转型企业，因此激光技术的研发借力并购带来快速技术进步，例如收购激光发生器公司 HÜTTINGER、参股激光公司 HAAS（当时已经拥有近 20 年的激光器研发积淀，其工业激光光缆与千瓦级工业固体激光器全球领先），使得通快在固体、气体激光器时代拥有领先的技术实力。2008 年，通快宣布收购英国激光器公司 SPI，成为全球光纤激光器的第二极。

### COHERENT：准分子激光器独步天下，精密制造结缘材料加工

相干（COHERENT）公司成立于 1966 年，总部位于美国加州硅谷。相干的发展历程中先后经历了多轮并购，在三大领域技术争夺，形成自己的明星产品：

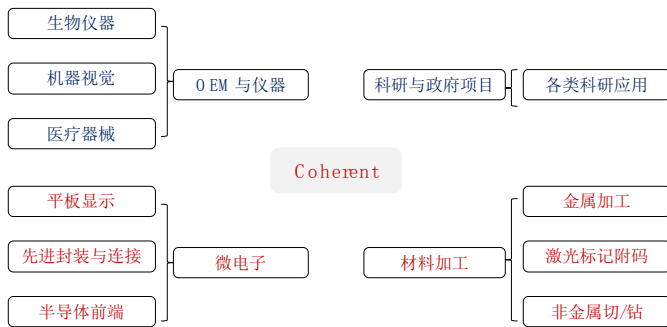
**1、广积粮，始为王，超快激光晋升巨头。**通过整合规模较小，但拥有超快激光核心技术企业，相干完成了从弱到强的巨头晋升之路。2003 年收购 Positive Light、2012 年收购 Lumera Laser、2015 年收购 Attodyne，使相干成为全球超快激光系统巨头（通快、JDSU、理波、相干等）之一。加上 16 年吸收 Rofin 旗下的 Starpico/StarFemto 系列超快激光，相干实力大增。

**2、精准切入，准分子激光厚积薄发。**准分子激光是精细加工的尖端技术，最早用于医学手术，材料加工需求爆发始于 2010 年 LTPS 以及 2016 年 OLED 的产能投资，两者均使用准分子激光退火。2004 年相干收购全球知名准分子激光器制造商 Lambda Physik/Tui Laser，大大增强准分子激光实力，同时提升了全球销售和维护网络能力。

**3、强强联合，高功率光纤激光补全业务版图。**在 2016 年相干 9.46 亿美元收购 Rofin 之前，相干的业务主要集中在医疗及微电子的精细加工。随着光纤激光器增长一骑绝尘，高功率材料加工市场全面打开，成为激光加工增长最快的方向。Rofin 同样拥有产业链

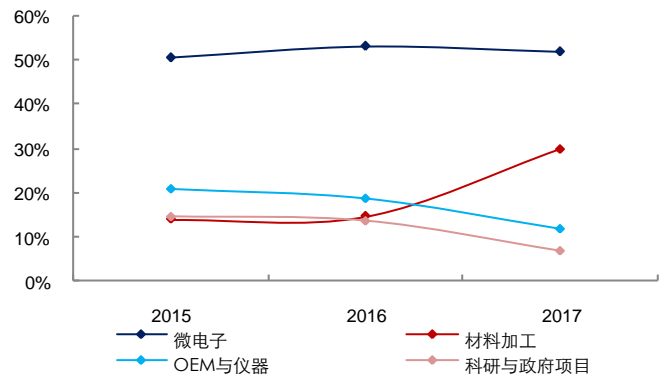
垂直整合能力，半导体泵浦模块品质出众。相干与 Rofin 联合，完成由微观向宏观制造的业务拓展。

图 66：相干主要业务领域分布



资料来源：COHERENT，长江证券研究所

图 67：相干各大领域业务比重



资料来源：COHERENT，长江证券研究所

## 突破关键技术势在必行，外延并购加速国产替代

从 IPG 垂直一体化产业链的构建反映出激光行业强大技术壁垒带来的盈利效应，因此，国内企业想要在巨头林立的格局中崛起，必须掌握激光关键技术，以及拥有核心部件的自主生产能力。前文我们指出，精密加工与重工制造的核心分别在于紫外激光器和特种光纤，国内优质激光企业正处于加速追赶。

表 9：国外紫外激光器厂商梳理

品牌	产品特点
德国通快	碟片模式，每个模块之间可单独出光达到预定功率。使用寿命长、稳定性强、最大功率可达 180W
美国光谱物理	性价比高、自动补偿功率：在一个墙体内存包含多个单独出光模块，功率下降后可以自己调整模块，有效保证出光功率
美国光波	产品价格有优势，但寿命和功率衰减方面表现不佳
美国相干	产品性能优异，寿命、功率等行业顶尖水平，但产品较贵
美国普爱	价格低廉，在 18W 激光器上有优势

资料来源：OFweek，长江证券研究所

目前国内在紫外激光器领域布局的公司主要有四家：大族激光、福晶科技、华工科技、锐科激光。

- 1) 大族激光：公司是世界上少数几个掌握紫外激光器技术的企业之一，也是世界上少数几家拥有“紫外激光专利”的公司之一。
- 2) 华工科技：公司产品主要集中在紫外激光打标设备领域，紫外激光器产品已在全球高端激光应用领域实现销售，销往包括美国、德国、法国、日本、韩国等国家。
- 3) 锐科激光：公司是是全球有影响力的具有从材料、器件到整机垂直集成能力的激光器研发、生产和服务供应商。其紫外激光设备主要是紫外固化仪。
- 4) 福晶科技：公司在紫外固体激光器领域技术已比较成熟，这方面的应用拓展对去年以来公司业务的增长带来积极促进的作用。

大族激光率先在紫外激光器领域打破了德国通快、美国光谱物理、美国光波、美国相干等海外企业的垄断，推出紫外打标机、紫外激光划片机、紫外激光切割成形机等产品。

同时公司还进军皮秒紫外激光 FPC 切割机、新款 UV 紫外激光飞行钻孔机、高功率高重复频率紫外金属切割设备、面向智能手机行业的高精度紫外微加工系统、紫外激光全自动高精度去除 PVD 加工系统等先进装备。自去年以来，公司消费电子领域的精密加工业务迅猛放量。

特种光纤方面，国外特种光纤厂家主要是三家美国 Nufern 公司、美国康宁公司、日本株式会社藤仓，而国内不同种类的特种光纤发展水平不一。

表 10：国内特种光纤产业发展现状

应用领域	光纤种类	发展状态
有源及无源器件用特种光纤	钇纤	全部依赖进口
	保偏光纤	陀螺用保偏光纤国际禁运，被国内数家企业占据；器件用保偏光纤技术难度较大，被国外企业垄断
	耦合光纤	全面实现进口替代，部分指标国际领先
激光用特种光纤	掺镱光纤	中低功率已开始量产，高功率产品正在追赶
	无源匹配光纤	美国 Nufern 公司垄断
	大芯径传能光纤	日本三菱、德国莱尼等企业市场份额较大
光传感器用特种光纤	抗辐射光纤	国内处初步探索阶段
	耐高温光纤	国内中温区域产品较成熟，高温区问题较为突出，超高温区域涉及较少
	旋转光纤	Fibercore 等欧美公司为主，国内少数供应商产品可靠性不足
	BI 光纤	该领域研究主要集中在军工科研单位，不适合量产

资料来源：中国光电子器件产业发展路线图，长江证券研究所

国内多家厂商加快在特种光纤领域的布局，通过并购或募投方式切入该领域。2016 年 11 月，大族激光出资约 3280 万加元（折合人民币约 1.7 亿元）收购加拿大特种光纤制造商 Coractive 公司 80% 股权。2017 年 3 月，锐科激光收购睿芯光纤 85% 的股权。通过并购，国内激光制造商有望实现关键原材料的自产，完善自产元器件和材料布局。

我们认为激光企业的全球巨头之路通常伴随着垂直一体化产业链的构建以及大量的并购整合，最终形成专利技术积淀深厚、核心部件自主研发、微观&宏观制造版图完整的综合激光装备制造制造商。我们看好以大族激光、锐科激光为代表的国内优质激光企业加速技术研发与资源整合，推动激光器国产替代，加速产业转移。

## 投资评级说明

行业评级	报告发布日后的 12 个月内行业股票指数的涨跌幅度相对同期沪深 300 指数的涨跌幅为基准，投资建议的评级标准为：
看好	相对表现优于市场
中性	相对表现与市场持平
看淡	相对表现弱于市场
公司评级	报告发布日后的 12 个月内公司的涨跌幅度相对同期沪深 300 指数的涨跌幅为基准，投资建议的评级标准为：
买入	相对大盘涨幅大于 10%
增持	相对大盘涨幅在 5%~10%之间
中性	相对大盘涨幅在-5%~5%之间
减持	相对大盘涨幅小于-5%
无投资评级	由于我们无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使我们无法给出明确的投资评级。

## 联系我们

### 上海

浦东新区世纪大道 1198 号世纪汇广场一座 29 层 (200122)

### 武汉

武汉市新华路特 8 号长江证券大厦 11 楼 (430015)

### 北京

西城区金融街 33 号通泰大厦 15 层 (100032)

### 深圳

深圳市福田区中心四路 1 号嘉里建设广场 3 期 36 楼 (518048)

## 重要声明

长江证券股份有限公司具有证券投资咨询业务资格，经营证券业务许可证编号：10060000。

本报告的作者是基于独立、客观、公正和审慎的原则制作本研究报告。本报告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，也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。报告中的信息或意见并不构成所述证券的买卖出价或征价，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可升可跌，过往表现不应作为日后的表现依据；在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告；本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司及作者在自身所知范围内，与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

本报告版权仅仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用须注明出处为长江证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的，应当注明本报告的发布人和发布日期，提示使用证券研究报告的风险。未经授权刊载或者转发本报告的，本公司将保留向其追究法律责任的权利。