

规模化应用条件逐渐成熟，金属 3D 打印蓄势待发



核心观点

- **成本下降推动产业化进程，金属 3D 打印前景广阔。**3D 打印凭借成型过程简单、复杂设计友好两大优势，非常契合复杂制造领域的小批量、多批次生产模式，但是其应用一直停留于研发设计和高端定制领域，无法实现有效的产业化应用，我们认为高昂的设备价格和材料成本是主要制约因素。2010 年以来，随着主流打印技术的系列专利保护陆续到期，大幅降低了进入门槛；与此同时关键零部件和高端耗材的国产替代也进一步缩减了制造成本，为产业化推广提供契机。相比非金属材料，难加工金属材料的 3D 打印由于技术颠覆性更强、产品附加值更高、也更契合工业级的需求，因此具备更为明确的规模化应用前景，可能成为未来需求增长和产业化推进最快的方向。
- **由设计研发转向直接制造，产业化需求逐步释放。**金属 3D 打印应用领域较为广泛，但多数领域应用渗透率均不高，需求的释放有赖于从设计研发转向直接制造的规模化应用。航空航天制造领域由于难加工、高复杂、小批量、多批次、传统工艺工序多、成本高等特点，能很好地发挥金属 3D 打印的优势，因此可能成为未来规模化应用的主要方向之一。目前 GE 公司通过 3D 打印制造的燃油喷嘴已超过 3.3 万件，近年来也明显加快了对上游 3D 打印企业的收购兼并力度。据 Research and Markets 预测，2017-2021 期间全球商用航空 3D 打印市场将以 23% 的复合增速增长。此外，医疗行业尤其齿科、骨科、植入物领域同样对金属打印存在庞大的需求，未来有望形成规模化的定制市场。
- **从代理走向自产，国内 3D 打印企业依托成本和市场优势有望实现快速发展。**国内 3D 打印企业多数由代理销售起家，自产能力从“十二五”以后才逐步构建，在基础技术的积淀和创新能力上与老牌巨头存在一定差距。但是依托全球制造中心和最大消费市场的优势，国内企业在生产成本和客户资源上具备一定的竞争力。目前国内 3D 打印市场的大部份份额由国外企业占据，国内企业普遍存在销售规模小、研发费用高、无法实现稳定盈利的局面。在成长和追赶阶段，通过代理和自产结合的方式，一方面学习国外先进经验，另一方面逐步发展优质客户，随着技术短板的补足和成本、市场优势的兑现，国内 3D 打印企业有望在本轮制造业转型升级过程中实现快速发展。

投资建议与投资标的

金属 3D 打印产业化前景广阔，需求确定性高，建议关注具备核心优势的产业链相关标的。设备和打印服务端建议关注已绑定优质客户资源、具备行业深度配套经验的企业，如：铂力特(688333，未评级)等。耗材端建议关注具备高端金属粉末国产替代能力的企业，如：楚江新材(002171，买入)等。

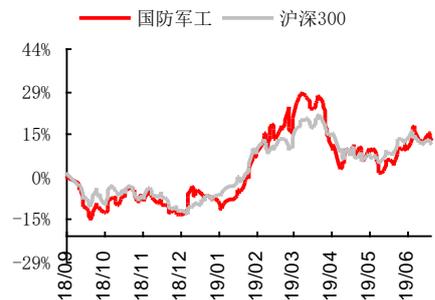
风险提示

金属 3D 打印商业化拓展不达预期；高端耗材和关键零部件自主可控风险

行业评级 **看好** 中性 看淡 (维持)

国家/地区 中国/A 股
行业 国防军工
报告发布日期 2019 年 09 月 27 日

行业表现



资料来源：WIND

证券分析师 **王天一**
021-63325888*6126
wangtianyi@orientsec.com.cn
执业证书编号：S0860510120021

罗楠
021-63325888-4036
luonan@orientsec.com.cn
执业证书编号：S0860518100001

联系人 **冯函**
021-63325888-2900
fenghan@orientsec.com.cn

相关报告

行业中报业绩表现强劲，全年有望实现较快增长 2019-09-05

国睿科技重组获科工局批准，提供院所资产证券化的创新示范 2019-08-25

新版国防白皮书：军改取得阶段性成果，军费支出向装备费倾斜 2019-07-25

目 录

1 3D 打印技术优势突出，产业进入高速发展期	5
1.1 3D 打印具备成型过程简单、复杂设计友好两大优势	5
1.2 产业链流程较短，设备销售贡献过半产值	6
1.3 政策大力支持下，我国 3D 打印产业进入快速发展期	7
2 成本下降推动产业化进程，金属打印前景广阔	9
2.1 金属 3D 打印契合工业级应用，潜力大、成长快	9
2.2 主流打印技术专利保护陆续到期，产业化进程加速	12
2.3 耗材需求弹性大，高端金属粉末逐步实现国产替代	14
3 由设计研发转向直接制造，产业化需求逐步释放	16
3.1 航空航天：应用契合度高，兼具确定性与规模化需求	16
3.2 医疗行业：齿科骨科需求庞大，有望形成规模化定制市场	19
3.3 其他行业：集中于设计研发环节或高端定制领域	21
4 依托成本和市场优势，3D 打印国产化发展迅速	23
4.1 老牌龙头地位稳固，国内企业由代理迅速走向自产	23
4.2 国内金属 3D 打印相关公司介绍	25
4.2.1 铂力特：国内金属 3D 打印机龙头	26
4.2.2 先临三维：3D 扫描仪及打印设备领先企业	28
4.2.4 楚江新材：子公司顶立科技具备超纯净金属粉体生产能力	29
风险提示	30

图表目录

图 1：3D 打印工作流程	5
图 2：3D 打印提高企业生产和综合效益	5
图 3：金属 3D 打印产业链图谱	6
图 4：2016 年中国 3D 打印产值构成	7
图 5：中、美、日、韩增材制造战略规划和支持政策	8
图 6：2010 年后全球 3D 打印产业保持 20%~40%高速增长	8
图 7：2016 年各国政府投入 3D 打印经费（百万美元）	8
图 8：2011 年后中国 3D 打印专利数量大幅增长（件）	9
图 9：2016 年后中国 3D 打印产业保持 30%以上的增长	9
图 10：18 年中国 3D 打印产业链各类企业产值占比	11
图 11：18 年中国 3D 打印材料价值量占比	11
图 12：全球 100 多家 3D 打印应用企业材质需求调研	11
图 13：从 2002 年开始，共有 225 项 3D 打印专利到期，包括多项关键专利	12
图 14：2010 年后全球金属 3D 打印进入高速增长期	13
图 15：美国专利技术功效矩阵	13
图 16：中国专利技术功效矩阵	13
图 17：钛粉末 3D 打印成本：美元/千克	14
图 18：全球 3D 打印设备装机量占比	16
图 19：全球金属基 3D 打印主要市场规模（亿美元）	16
图 20：1990-2017 中国发动机进口量	19
图 21：3D 打印在医疗领域应用的四个层次	20
图 22：欧美医疗植入物产业化之路	21
图 23：Conflux 热交换器	22
图 24：3D 打印使得模具冷却时间最长能减少 100%	23
图 25：2017 年全球金属 3D 打印市场份额	24
图 26：2018 年中国 3D 打印设备品牌占比头部集中	24
图 27：金属 3D 打印技术路线与采用技术的企业	25
图 28：铂力特 2018 年营收结构	27
图 29：铂力特 2018 年毛利结构	27
图 30：铂力特历年营收及增速	27
图 31：铂力特历年归母净利润及增速	27
图 32：先临三维 2018 年营收结构	28
图 33：先临三维 2018 年毛利结构	28
图 34：先临三维历年营收及增速	29

图 35：先临三维历年归母净利润及增速	29
图 36：楚江新材历年营收及增速	30
图 37：楚江新材历年归母净利润及增速	30

图表目录

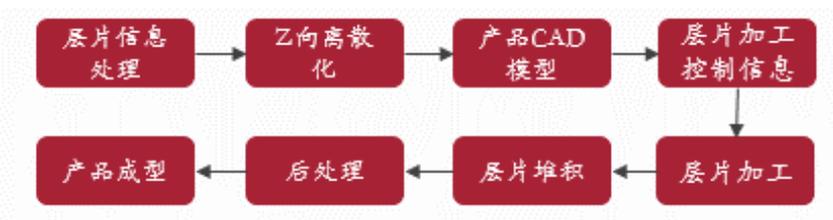
表 1：我国政府增材制造战略计划和相关资助	9
表 2：3D 打印常见技术	10
表 3：铂力特设备零部件和打印耗材的采购单价逐年下降（元）	14
表 4：典型材料巨头的增材制造部门设立情况	15
表 5：国内外主要金属 3D 打印材料供应商	15
表 6：3D 打印目前在航空航天上的应用	17
表 7：金属 3D 打印在航空航天业的应用	18
表 8：3D 打印在医疗上的应用示例	20
表 9：国内外主要金属 3D 打印厂商	23
表 10：国内涉及金属 3D 打印的上市公司	26

1 3D 打印技术优势突出，产业进入高速发展期

1.1 3D 打印具备成型过程简单、复杂设计友好两大优势

3D 打印也叫增材制造，是以数字模型为基础，将材料逐层堆积制造出实体物品的新兴制造技术。目前已形成基础技术较成熟、新技术不断创新的技术体系，材料部分的创新也层出不穷，逐渐成为航空航天、汽车、消费电子、医疗等领域的热门技术。3D 打印的工作原理是以计算机三维设计模型为蓝本，通过软件将其离散分解成若干层平面切片，由数控成型系统利用激光束、热熔喷嘴等方式将材料进行逐层堆积黏结，叠加成型，制造出实体产品。独特的制造工艺，使得制造一个形状复杂物品并不比一个简单物品消耗更多的时间、成本或技能。

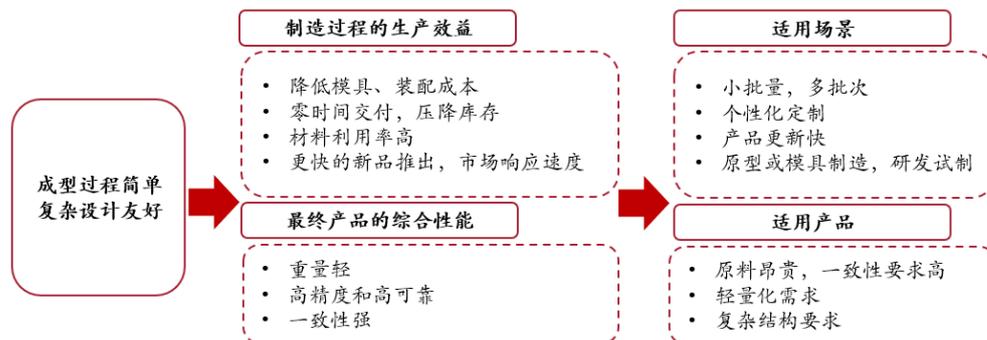
图 1：3D 打印工作流程



数据来源：增材制造与 3D 打印技术及应用，东方证券研究所整理

3D 打印具备成型工艺简单、复杂设计友好两大优势，可以有效提高企业的生产效益和产品的综合性能。3D 打印颠覆传统制造流程，具备成型工艺简单、复杂设计友好两大优势，可以有效提高企业的生产效益和产品的综合性能。1) 生产效益：3D 打印一次成型，无需模具和机械加工，大幅简化了生产制造的过程，降低了装配成本，提升了材料利用效率。同时独特的增材制造工艺对复杂设计非常友好，复杂结构、个性化定制、或者参数修改基本不会带来新增的时间、技能和模具成本，使零时间交付成为可能，有效提升了市场响应和推新速度；2) 产品性能：一体成型有效减少了产品的体积和重量，且高精度和自动化的打印过程保证了复杂结构产品的一致性。

图 2：3D 打印提高企业生产和综合效益



数据来源：东方证券研究所整理

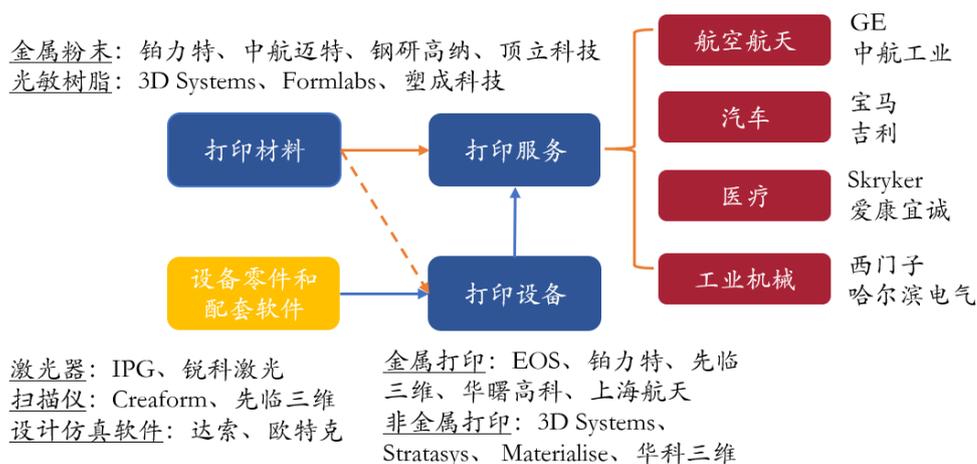
3D 打印适用于高附加值复杂结构产品的小批量、多批次生产模式。3D 打印凭借其便捷的制造过程和优秀的产品综合性能，在适用场景和适用产品方面具有不可替代的优势。适用场景：具有小批量、多批次生产特点的研发试制、个性化定制等高附加值应用场景，如：航空航天、高校及科研院所、珠宝首饰、牙科及医疗保健等领域。适用产品：原料成本昂贵、一致性要求高、容错率低并且

有轻量化需求的复杂结构产品的制造，如：精密零部件、实验样品、原始模具、人造骨骼器官等。但同时，由于3D打印较高的基体材料品质需求、专用的打印设备支持、以及高精度带来的较高加工时长，在低成本大规模生产领域3D打印目前还无法对传统锻铸、铸造、冲压等生产工艺形成有效替代。

1.2 产业链流程较短，设备销售贡献过半产值

3D打印产业链上下游配套紧密，全产业链企业较为普遍。 1) 上游：主要包括设备核心硬件和辅助运行产品两类，设备核心硬件指激光器、振镜系统、光引擎等，辅助运行产品指设计、仿真、流程控制软件，以及扫描仪等。2) 中游：主要包括打印材料及打印设备供应商，一般划分为金属与非金属两大类，该层级企业向下游客户提供3D打印设备、材料及配套服务，由于设备专用性强，因此打印材料往往由设备商提供或者经设备商销售。3) 下游：主要指3D打印产品的使用者，一般指采购打印设备、材料或者最终产品的客户，行业范围涵盖航空航天、工业机械、能源动力、科研院所、医疗研究、汽车制造及电子工业等领域。

图 3：金属 3D 打印产业链图谱



数据来源：东方证券研究所整理

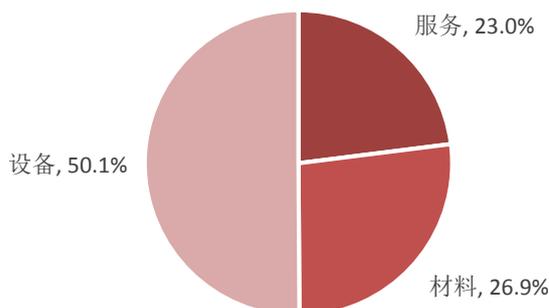
3D打印行业主要包括下述三类商业模式：

- 1) **打印材料销售**：指向3D打印设备供应商或服务商提供树脂或金属打印材料的企业。由于打印材料的性能特性要与打印设备的技术参数相匹配，因此在产业发展初期以及高性能产品领域，材料企业与设备企业是高度绑定的。但是随着产业化程度的提升以及环节分工的细化，专用材料供应商逐渐崛起。一些实力雄厚的材料厂商利用自己的材料优势，通过并购、成立子公司等方式向打印产品制造、打印服务等领域延伸。例如：镁铝ALCOA收购RTI获得钛、镍等3D打印金属和塑料的制造能力。
- 2) **打印设备销售**：主营业务为打印设备的研发、制造与销售，由于该层级企业拥有专业设备和专业人才优势，因此往往会提供定制化产品打印、技术支持等服务，部分实力雄厚的厂商还拥有独立的金属粉末制造能力，如EOS。此外，国内由于设备制造产业发展较晚，企业通常通过先代理销售国外厂商设备来获得客户资源和技术经验，部分国内自产设备厂商最初就是通过代理国外厂商设备逐步发展起来的。例如：铂力特2012年代理EOS设备销售，2013年开始自主研发，2014年研制成功。

- 3) **打印服务提供**：一般是设备销售厂商，对 C 端或 B 端客户建立服务平台，客户下单后在设备厂商或服务厂商处远程打印产品，再运到客户处。该类商业模式在定制化要求高、无批产需求、不配置专业技术人员的消费级打印领域应用相对较多。对于有一定的规模、专用化、保密性需求的制造业领域，往往采用外购设备和材料自主打印的模式，对服务平台的需求主要是技术和维护方面的支持。

目前国内 3D 打印行业产值集中在设备环节，材料、服务主要围绕设备进行配套。总体来看，国内缺乏大型高端专用打印材料厂商；打印设备销售厂商相对较多，且往往打包进行中低端打印材料的销售；打印服务提供商也较少，且多为面向个人或小微企业的消费级打印服务厂商。2016 年中国 3D 打印产业的设备、材料和服务产值占比分别为 50.1%、26.9% 和 23%，设备环节的比重超过一半，在产业链中具有举足轻重的地位。目前打印材料、专用软硬件、产品代加工等配套与服务环节主要依附于设备供应商而存在，3D 打印设备供应商作为目前的产业链核心，除设备销售业务外，往往涉及上下游配套环节。该现象主要是由于产业专利壁垒高、应用成熟度低和相关专业人员匮乏所导致的。但是随着 3D 打印商业化应用和产业化的快速推进，以及国内专用打印材料制备技术的成熟，预计打印材料和加工服务等环节的产值有望实现大幅增长。

图 4：2016 年中国 3D 打印产值构成



数据来源：前瞻产业研究院，东方证券研究所整理

1.3 政策大力支持下，我国 3D 打印产业进入快速发展期

全球 3D 打印行业发展正处于快速商业化阶段。从全球看，3D 打印技术的发展历史分为三个阶段：1) 1892-1988 年是增材制造技术的初期阶段，“材料叠加”制造思想和初步技术出现；2) 1988-1990 年是增材制造技术初步应用的阶段，3D Systems 推出第一台 SLA 商用机，SLS、FDM、LENS 等技术陆续被推出；3) 1990 年起开始进入商业化阶段，实现了金属材料的成形，LSF、SLM 等技术被推出。2009 年以后商业化显著加快，各国纷纷制定了支持 3D 打印产品发展的战略规划与技术路线，将 3D 打印作为制造业创新升级重点布局之一。

图 5：中、美、日、韩增材制造战略规划和支持政策



数据来源：增材制造与3D打印技术及应用，广东省增材制造产业技术路线图，东方证券研究所

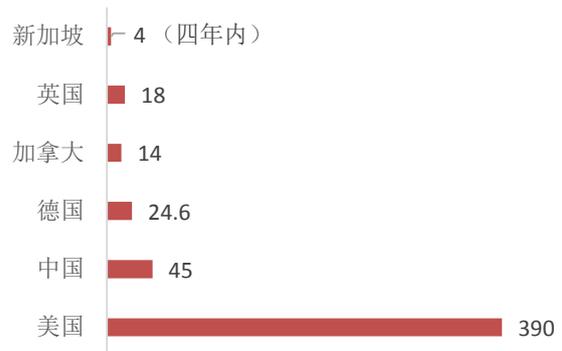
3D打印产业的发展离不开国家战略规划和政策支持，美国成熟度最高投资力度最大。1) 美欧在3D打印领域研发早投入力度大，美国最早从国家战略层面对产业发展予以支持，致力于低成本3D打印设备的社会化应用和金属零件直接制造技术在工业界的应用，GE公司在其主要商用发动机型号中已经广泛使用3D打印的燃油喷嘴、传感器外壳等复杂结构件。2) 亚太地区的3D打印发展稍晚，中日韩从13年开始重视并加大对3D打印产业的投入力度、近年来发展迅猛，主流打印技术已达到国际领先水平。在3D打印经费投入力度上，2016年美国达390百万美元元居首位，中国其次，但投入金额仅为美国的11.5%，随着产业化的推进仍有较大上升空间。

图 6：2010年后全球3D打印产业保持20%~40%高速增长



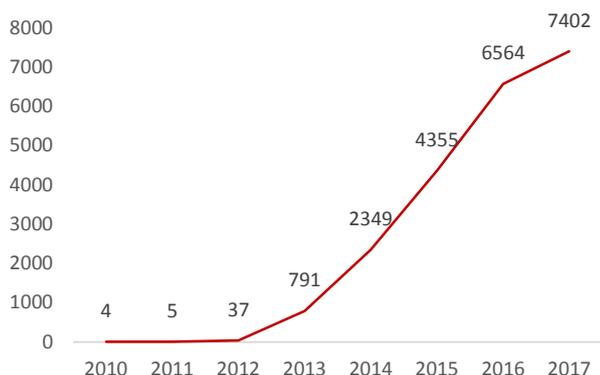
数据来源：Wohlers，东方证券研究所

图 7：2016 年各国政府投入 3D 打印经费（百万美元）



数据来源：前瞻产业研究院，东方证券研究所

我国3D打印行业虽然起步晚，但近年来发展迅速。我国从20世纪90年代初就开始布局对3D打印典型成形设备、软件、材料等方面的研究，但产业化进程相对滞后，直到近几年才迎头赶上。我国3D打印的产业化分两个阶段：第一个阶段是技术突破和标准制定，十二五期间增材制造相关的专利数量从2011年的5个激增至2016年的6564个，打印材料、设备零件、产业标准等核心能力成长迅速。

图 8：2011 年后中国 3D 打印专利数量大幅增长（件）


数据来源：3D 科学谷，东方证券研究所

图 9：2016 年后中国 3D 打印产业保持 30% 以上的增长


数据来源：前瞻产业研究院，东方证券研究所

第二个阶段是产业化的落地，2016 年国务院印发《“十三五”国家科技创新规划》，提出发展增材制造等技术，次年科技部公布《“十三五”先进技术领域科技创新专项规划》，将增材制造作为重点任务发展，3D 打印成为国家重点资助领域。2018 年国内拥有约 90 多家涉及 3D 打印业务的公司，近半数企业为 2016 年后进入市场。目前，我国在 SLM 等主流金属 3D 打印技术和设备制造上，已经达到世界先进水平。

表 1：我国政府增材制造战略计划和相关资助

核心计划	描述
十三五规划	科技部制定《“十三五”先进技术领域科技创新专项规划》 1) 目标是贯彻落实《国家创新驱动发展战略纲要》，《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》，《十三五国家科技创新规划》和《中国制造 2025》 2) 在增材制造发展目标中，大规模产业化应用是被提及次数最多的关键词； 3) 过去提到智能制造，主要以提到机器人和高端机床为主，此次将增材制造放在了重点任务的第一位。
十二部门强力支持	连续推出《国家增材制造产业发展推进计划（2015~2016 年）》、《增材制造产业发展行动计划（2017~2020 年）》，明确提出： 1) 到 2020 年我国增材制造产业年销售收入超过 200 亿元，年均增速在 30% 以上； 2) 关键核心技术达到国际同步水平，工艺装备基本满足行业应用需求； 3) 生态体系建设显著完善，部分领域实现规模化应用。
增材制造与激光制造重点专项	1) 2017 年公示的重点专项中，获得计划支持的单位共有 23 家，支持的总经费 4.5 亿元，支持内容包括设计算法、喷射打印头装置、制造技术和工艺装备、监测系统、产业化研究等； 2) 2018 年专项目标包括攻克增材制造的核心元器件和关键工艺技术。

数据来源：公开资料，东方证券研究所

2 成本下降推动产业化进程，金属打印前景广阔

2.1 金属 3D 打印契合工业级应用，潜力大、成长快

金属 3D 打印可服务于高端制造业金属部件的制造，颠覆性强、发展潜力大。非金属 3D 打印通常使用塑料、树脂材料等，金属 3D 打印通常使用各类合金粉末和线材。相比传统制造模式，非金属 3D 打印的优势主要在于无模化和可定制，但受限於材料性能，其主要用于样品和模具的生产，量

和价都很难起来；而金属 3D 打印除了具备无模化可定制优势外，在打印效率和打印质量上相比传统金属加工工艺均有较为明显的提升，甚至能够完成传统工艺无法制造的高复杂度高精密度零部件的打印，具有更大的发展潜力。由于更高的技术含量、制造难度和不可替代性，金属 3D 打印设备单价较高，而金属材料凭借更优秀的耐热、高强和耐用性能，极大拓宽了 3D 打印的应用范围，在航空航天、医疗的义齿和植入体制造、汽车等应用领域具有广阔前景。

金属 3D 打印工艺原理主要分为粉末床选区熔化和定向能量沉积两大类。1) 粉末床选区熔化技术主要包括选区激光烧结技术 (SLS)、选区激光熔融技术 (SLM)、电子束选区熔融技术 (EBSM)；2) 定向能量沉积技术包括激光近净成形技术 (LENS)、电子束熔丝沉积技术 (EBDM)、直接金属沉积技术 (DMD) 等。采用这两类工艺原理的金属 3D 打印技术都可以制造达到锻件标准的金属零件。总的来说，各技术间存在替代和互补的关系，但粉末床选区熔化技术路线由于更高的成型质量，目前应用更为广泛。根据 Wohlers 对全球 36 家主要的金属 3D 打印企业统计，2018 年度，采用粉末床选区熔化技术为 18 家，采用定向能量沉积技术为 8 家，合计占比达到 72%。目前 SLM、SLS 是高精度、高质量金属件加工领域最主流的工艺技术，LENS 是大型复杂金属件领域最主流的工艺技术。

表 2：3D 打印常见技术

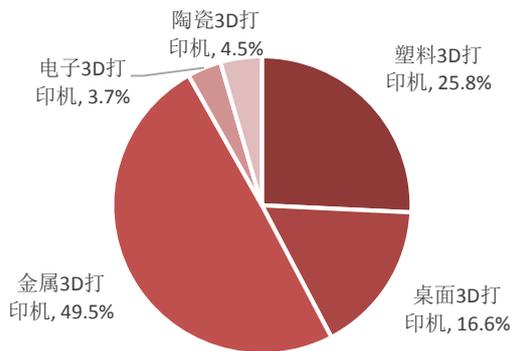
类别	工艺技术名称	工艺原理	应用领域	适用材料及特点
金属材料 3D 打印工 艺技术	激光选区熔化 (SLM)	粉末床选区 熔化	航空航天等 复杂金属精 密零件、金 属牙冠、医 用植入物等	金属材料： 铁、钛、镍、铝基，铜，不锈钢，及复合金属。 优点： 基于金属材料的完全熔化和凝固，适用所有金属粉末，晶粒细小组织均匀，致密度和成形精度高，力学性能优异。 缺点： 球化效应、翘曲变形等冶金缺陷，成形位置局限在基板上、尺寸有限，工艺参数复杂，
	激光近净成形 (LENS)	定向能量沉 积	飞机等大型 复杂金属构 件成形与修 复等	金属材料： 钢、镍、钛、铜合金。 优点： 适用材料广泛，方便加工熔点高的材料，适合垂直薄壁等复杂结构，成形位置不局限在基板上，力学性能好、高致密。 缺点： 冶金缺陷、精度低、对边角制造存在不足，形状和结构限制，目前多使用特制金属粉末，通用性低、昂贵。
	电子束选区熔 化 (EBSM)	粉末床选区 熔化	航空航天复 杂金属构 件、医用植 入物等	金属材料： 不锈钢、钛、镍、铌等合金（流动性低、质量重）。 优点： 比 SLM 致密度高；能量利用率高，可成形难熔材料；高真空保护；多束加工效率高。 缺点： 真空成本高；聚斑效果比激光略差，加工精度和表面质量略差；成形尺寸有限。
	电子束熔丝沉 积 (EBDM)	定向能量沉 积	航空航天大 型金属构件 等	金属材料： 钛、钨镍合金等。 优点： 无金属粉床限制，可成型较大尺寸零件。 缺点： 成型精度较激光选区技术更低。
非金属材料 3D 打印工 艺技术	光固化成形 (SLA)	立体光固化	工业产品设计开发、创新创意产品生产、精密铸造用蜡模等	
	熔融沉积成形 (FDM)	材料挤出	工业产品设计开发、创新创意产品生产等	
	激光选区烧结 (SLS)	粉末床选区 熔化	航空航天领域用工程塑料零部件、汽车家电等领域铸造用砂芯、医用手术导板与骨科植入物等	
	三维立体打印 (3DP)	粘结剂喷射	工业产品设计开发、铸造用砂芯、医疗植入物、医疗模型、创新创意产品、	

			建筑等
	材料喷射成形 (PJ)	材料喷射	工业产品设计开发、医疗植入物、创新创意产品生产、铸造用蜡模等

数据来源：铂力特招股说明，《增材制造技术原理及应用》，东方证券研究所

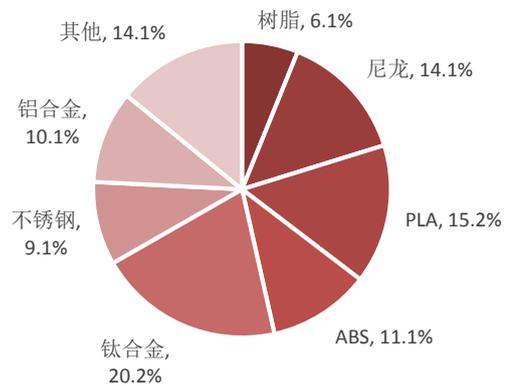
金属 3D 打印设备及耗材价值量占比接近全行业的一半。从设备端看，金属 3D 打印机价值量占比为 49.5%，位居全行业首位，其次分别为塑料打印机、桌面打印机等产品。从材料端看，金属耗材占比为 39.4%，低于塑料的 46.5%，也低于设备端的占比，主要由于金属打印的产业化正处于快速扩张阶段，设备端的增长领先于材料消耗的增长。

图 10：18 年中国 3D 打印产业链各类企业产值占比



数据来源：3D 科学谷，东方证券研究所

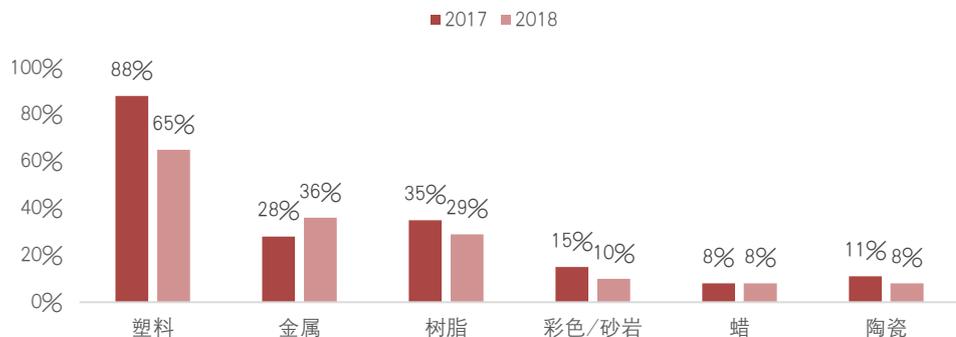
图 11：18 年中国 3D 打印材料价值量占比



数据来源：3D 科学谷，东方证券研究所

3D 打印逐渐由消费级市场往高端制造市场渗透，以金属 3D 打印为代表的高价值量设备成为销售增长的主力。根据工信部数据，2017 年国内出货的 3D 打印机 95%是个人或桌面打印机，工业级只占 5%，但从销售收入来看，工业级 3D 打印机占总收入的 80%，工业级 3D 打印的占比在 2018 年进一步扩大。3D 科学谷对中国市场的调研数据也显示，目前高端工业级 3D 打印设备的采购正在成为主流，44.1%的被调查企业采用的是 10 万美金（单台）以上的 3D 打印设备。法国 3D 打印公司 Sculpteo 调研了全球 1000 多家应用 3D 打印的公司，从打印材质来看，2018 年塑料的运用率高达 65%，但却从 2017 年的 88%下降了 23%，唯一增长的材料是金属，其需求从 2017 年的 28%增长到了 2018 年的 36%。我们认为以金属 3D 打印产业化应用加速为契机，高价值量的工业级 3D 打印机的销售规模持续扩大，3D 打印正逐渐由消费级市场往高端制造市场渗透。

图 12：全球 100 多家 3D 打印应用企业材质需求调研

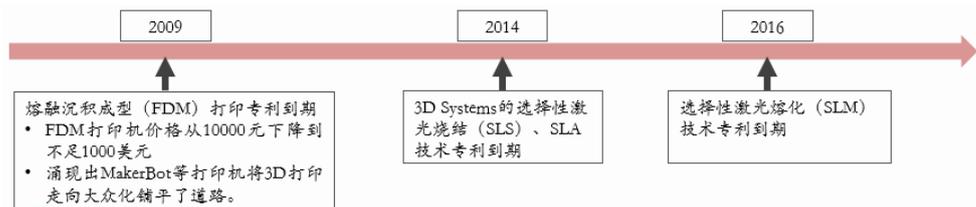


数据来源：Sculpteo: the state of 3D printing 2018，东方证券研究所

2.2 主流打印技术专利保护陆续到期，产业化进程加速

3D 打印设备核心专利到期，成本下降推动产业化进程。专利保护一直是 3D 打印行业的“双刃剑”，一方面有利于知识产权的保护，另一方面又不利于产业化的推广。SLA 技术是 3D Systems 创始人在 1986 年申请的专利，Formlabs 致力于 SLA 技术的桌面级应用，降低价格门槛。但由于受到 3D Systems 在 2012 年的专利侵权起诉，导致 Formlabs 每销售一台打印机要支付 8% 的版税给 3D Systems。全球 3D 打印专利申请的高峰期在 2007 年，其中主流技术的核心发明专利申请时间主要在 1998 年以前。专利到期意味着个别厂商专利垄断的结束，降低了技术使用成本和企业进入门槛，促进了 3D 打印设备和产品的进一步大众化和产业化。以 FDM 技术为例，2009 年到期后，FDM 打印机价格从 10000 元下降到不足 1000 美元，并且涌现出 MakerBot 等大批新兴设备厂商。

图 13：从 2002 年开始，共有 225 项 3D 打印专利到期，包括多项关键专利

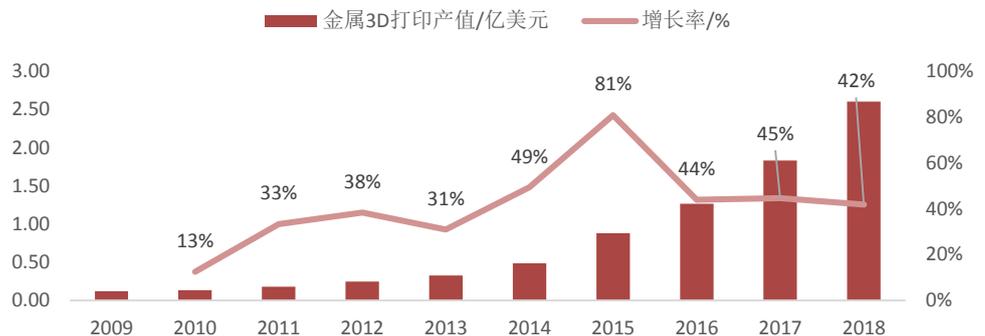


数据来源：3DScienceValley，东方证券研究所整理

SLS 和 SLM 核心技术专利陆续到期，推动金属 3D 打印设备加速普及。SLS、SLA 系列技术专利于 2014 年陆续到期，SLM 系列技术专利于 2016 年陆续到期，SLM 和 SLS 是现在金属 3D 打印领域最为主流的技术，其专利到期预计将通过专利授权费用的减少而极大降低厂商的技术应用成本，并使得更多厂商能够以更低的成本应用该技术，FDM、SLS 等领域有望重复 FDM 的大众化和产业化路径，金属 3D 打印有望加速普及。

金属打印产业化落后于非金属打印，但随着核心技术专利到期，近年来商业化明显提速。从应用角度，非金属材料的商业化更早，但随着金属打印技术逐步成熟，以 SLM 技术（2016 年 12 月到期）为代表的专利陆续到期，其商业应用近年来开始加速。根据 Wohlers、Gartner 等研究机构判断，未来三年内全球增材制造增速将维持在 20%-30% 的增长水平，其中金属 3D 打印受工业级 3D 打印需求的驱动将维持在 40% 的增长水平。

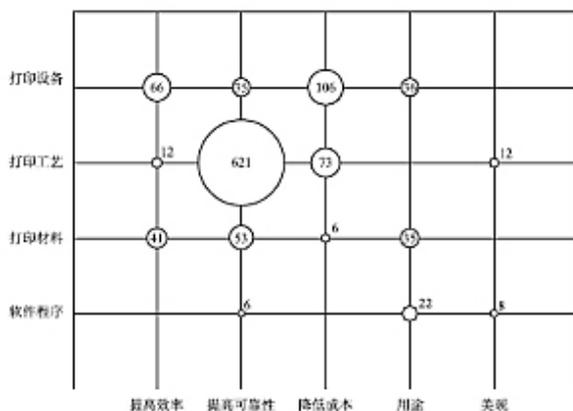
图 14：2010 年后全球金属 3D 打印进入高速增长期



数据来源：Wohlers 2019，东方证券研究所整理

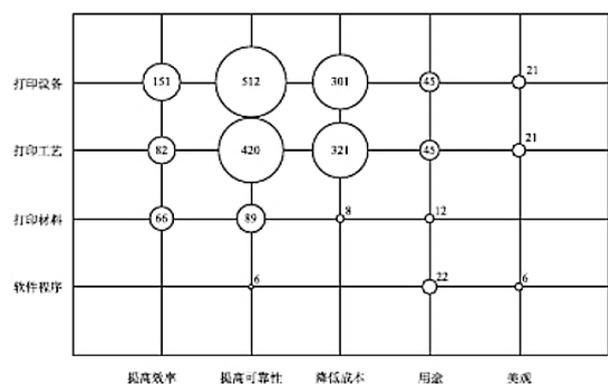
2009 年后中国专利申请数量超过美国，国产化加速，专利布局集中在提升可靠性和降低成本。从专利分布看，无论中美两国，提高打印工艺可靠性和降低打印设备和打印工艺成本均是最主要的技术研发方向，这反映了行业在大力推动产业化的同时新的工艺技术依然在快速革新，这也体现了3D打印行业现阶段技术的多元化和互补性，尚未有单一的技术占据主导地位。对比中美总量差异，中国的专利数量大幅超过美国，一方面说明国内3D打印行业正处于高速发展阶段，另一方面也有国外企业在中国进行专利布局的因素。对比中美结构差异，中国专利分部在打印工艺可靠性方面数量不及美国，但在降低设备和工艺成本以及提升设备可靠性方面数量远超美国。前者主要是因为3D打印技术起源于美国，美国在基础性专利和工艺革新方面在全球起主导作用。后者主要是因为中国设备制造企业在近几年进入高速发展通道，相关专利的布局略微落后于美国。

图 15：美国专利技术功效矩阵



数据来源：3D 打印技术中美专利申请状况对比分析，东方证券研究所

图 16：中国专利技术功效矩阵



数据来源：3D 打印技术中美专利申请状况对比分析，东方证券研究所

专利到期、国产替代背景下，设备零部件和打印原材料采购单价逐年下降，产业化条件愈发成熟。以铂力特为例，其打印设备的核心零部件光纤激光器主要从 IPG 采购，单价从 2016 年的 14.5 万元大幅下降至 2018 年的 11.2 万元，这与锐科激光等国产优质供应商的崛起有密不可分的关系。公司从诺雅光电采购的场镜也由 2016 年的 3.0 万元降低至 2018 年的 1.8 万元，带动设备成本大幅降低，提升了产品盈利能力和市场开拓能力。打印材料方面，价格下降也较为明显，其中规格 20~53 μm 的金属粉末由 2016 年的 2506 元下降至 2018 年的 1049 元，进一步降低金属打印的产业化应用门槛。

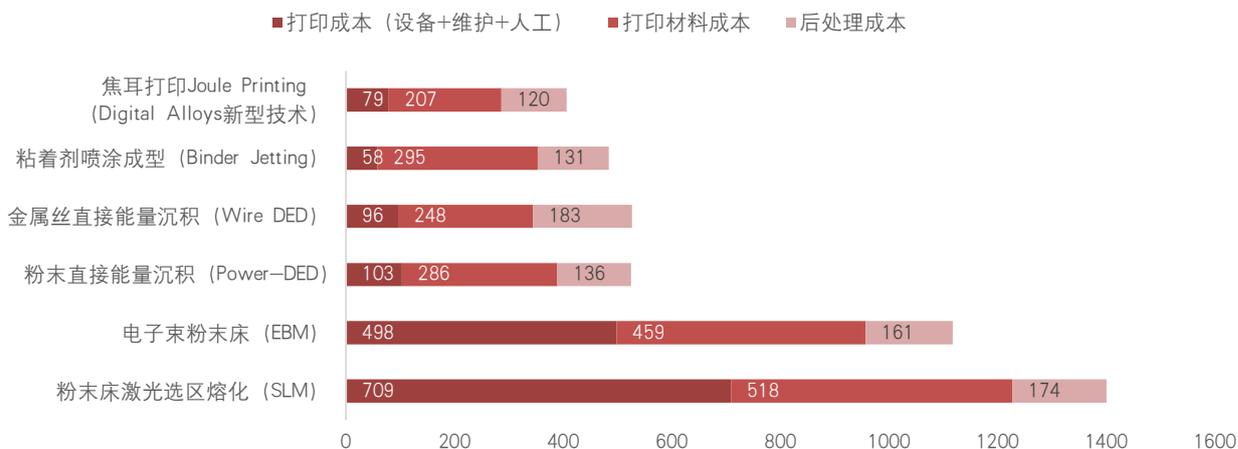
表 3：铂力特设备零部件和打印耗材的采购单价逐年下降（元）

核心零部件及原材料		2018 年 单价	2017 年 单价	2016 年 单价
光学器件类（个）	光纤激光器	112453	139194	145299
	场镜	18493	29171	29915
	扩束镜组件	20142	20385	20513
金属粉末（公斤）	规格 16~45 μm	488	527	608
	规格 20~53 μm	1049	1713	2506
	规格 15~45 μm	467	552	573

数据来源：铂力特招股说明书，东方证券研究所

2.3 耗材需求弹性大，高端金属粉末逐步实现国产替代

原材料是金属 3D 打印的制造成本中占比最大的一部分。DigitalAlloys 以钛粉末（6Al-4V）为例，对于 SLM、EBM、DED、Binder Jetting、Digital Alloys 等主流的金属 3D 打印工艺的制备成本进行统计，发现每千克产品的打印成本中原材料成本是占比最高的（除 SLM 工艺外），同时随着成型精度、成型质量、打印时间的增长，设备、维护和人工的占比逐步提升，在打印质量最好的 SLM 工艺中，设备、维护和人工成本是占比最高的，其中也有专利保护因素，但是在打印效率越来越高、规模效应越来越明显的趋势下，材料成本占比将进一步提升。根据 IDTechEx 预测，到 2028 年金属 3D 打印全球规模有望达到 120 亿美元，其中超过 90%是由打印材料贡献的。

图 17：钛粉末 3D 打印成本：美元/千克


数据来源：DigitalAlloys，东方证券研究所整理

规模化生产中打印材料占据最大部分的产值，金属打印原材料要求高，其成本和供应能力是制约 3D 打印发展的瓶颈之一。金属粉末是 3D 打印产品具有良好性能的关键，所使用的金属粉末一般要求纯净度高、球形度好、粒径分布窄、氧含量低。便宜的耗材无法制备高性能产品，无法向附加值更高需求更迫切的工业制造领域推广；而高端耗材售价高昂且供应能力有限，直接推高了 3D 打印技术应用的成本，尤其是金属打印领域材料成本占比非常高，随着设备成本的降低材料已逐渐成为商业化和规模化生产推广的一大制约因素。

打印材料愈发受到重视，打印设备商和材料制造商纷纷设立独立的3D打印材料部门。近年来，随着3D打印商业化应用持续推广，打印材料的重要性愈发凸显：一方面打印材料逐渐由打印设备的配套部门转变为独立业务部门。另一方面2016年以来全球大型材料制造商成立了专门的3D打印部门，如巴斯夫、杜邦等传统材料企业纷纷开始布局专用材料领域，说明3D打印的产业应用价值已经得到广泛认可，随着商业化生产规模的持续扩大，更具增长弹性的材料端开始发力，尤其是处于产业化应用初期且技术难度较大的金属专用材料领域。

表 4：典型材料巨头的增材制造部门设立情况

材料厂商	增材制造部门设立细节
DSM	2017年成立专门增材制造业务单元 业务：光敏树脂材料、长丝材料等所有的塑料增材制造技术的材料
巴斯夫	2017年3D打印业务独立成子公司 通过收购荷兰3D打印材料商Innofil3D、与华曙高科和惠普等合作来开发材料 业务：3D打印材料、系统解决方案、组件和服务等
镁铝 ALCOA	2016年，拆分增材制造下游业务，通过子公司Arconic运营 2015年Arconic对rti收购获得钛、镍等3D打印金属和塑料材料核心制造能力 业务：金属粉末、3D打印、热等静压、锻造铸造机加工、质量检测

数据来源：3D科学谷，东方证券研究所整理

国内3D打印金属材料企业成长迅速，但限于发展历史较短，产品集中于中低端领域。目前国内已经开发出钛合金、高强钢、镍基合金、尼龙粉末、碳纤维复合材料、玻璃微珠复合材料等近百种牌号专用材料，材料品质性能、种类逐步提升。目前国内的基础3D打印材料已基本满足国产设备的增材制造需要，但高性能金属粉末耗材依然依赖进口，国产材料在纯净度、颗粒度、均匀度、球化度、含氧量等对打印成品性能影响较大的原料指标方面相比国外仍存在较大的差距。德国的EOS、TLS，瑞典的Arcam、Hoganas、Sandvik，比利时的Solvay等具备较强实力的金属3D打印耗材供应商多数成立于2000年以前，在粉末冶金或金属打印设备领域有较强的技术积淀。国内目前能提供高质量金属粉末的公司包括中航迈特、飞而康、塞隆金属、西安欧中、铂力特以及新进入的钢研高纳、顶立科技等，这些公司或相关业务多数成立于2010年以后，近年来发展较快。伴随金属3D打印产业化的快速推进，金属粉末作为后市场，其需求会越来越强劲，在国家自主可控大背景下，高端金属打印材料的短板有望弥补。

表 5：国内外主要金属3D打印材料供应商

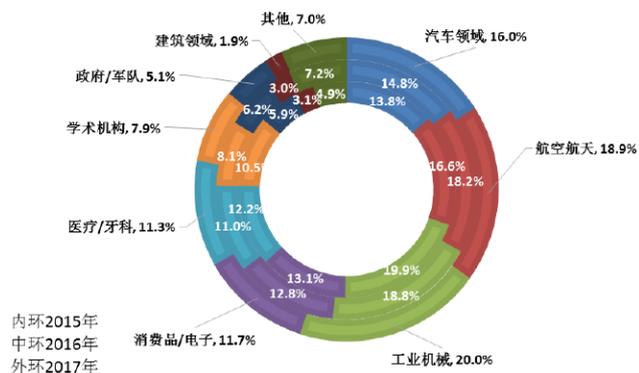
	公司名称	成立时间	所在地区	主要产品
国外	Arcam	1997	瑞典	EBM硬件、EBM构建材料、金属粉末和粉末处理设备
	EOS	1989	德国	铝、钴/铬合金和钢等3D打印材料
	Hoganas	1797	瑞典	金属粉末
国内	中航迈特	2014	北京	钛/铝/镍铬/高温合金、不锈钢、高强钢等金属粉末
	飞而康科技	2012	无锡	钛/铝/镍铬/钴铬合金、钢等3D打印用金属粉末
	塞隆金属	2013	西安	多种钛/钴铬合金

数据来源：公司官网，东方证券研究所

3 由设计研发转向直接制造，产业化需求逐步释放

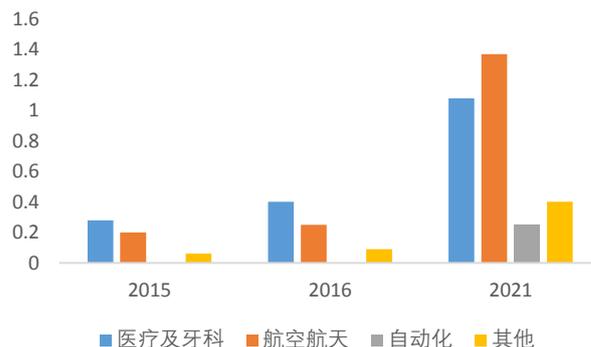
航空航天、医疗（牙科、植入物）是金属 3D 打印产业化前景最明确的市场，汽车、工业机械、消费电子市场弹性大。从目前全球的金属 3D 打印设备装机量占比来看，各个主要应用市场分布总体比较均衡，其中航空航天市场的装机量占比相对最高，其次是医疗、牙科、工业机械、消费电子、科研机构以及汽车领域。需要指出的是其中医疗、牙科和科研机构的打印设备使用面向定制化需求，虽然价值量高确定性强，但无法形成批量化的生产。航空航天、工业机械、消费电子、汽车等领域存在一定的规模化需求，尤其是这些板块本身产值大且尚处于 3D 打印的应用初期，未来具备较高的增长弹性。IDTechEx 预测到 2028 年，金属 3D 打印市场全球规模有望达到 120 亿美元，其中航空航天由于兼具需求确定性和规模化生产要求，有望成为增长最快且规模最大的应用领域。

图 18：全球 3D 打印设备装机量占比



数据来源：Wohlers，东方证券研究所

图 19：全球金属基 3D 打印主要市场规模（亿美元）



数据来源：IDTechEX，东方证券研究所

3.1 航空航天：应用契合度高，兼具确定性与规模化需求

航空航天工业市场需求潜力大，增长确定性高。航空航天是金属 3D 打印技术应用的主要推动者，行业对增材制造接受程度高，已经具备较大的产业规模，目前正在从原型设计往直接制造发展。据 Wohlers 对全球 82 家服务提供商和 28 家系统制造商统计数据显示，零部件直接制造占其营业收入的比例逐年提升。作为传统锻造技术的有力补充，金属 3D 打印存在替代潜力，传统锻造技术难以做到飞机结构件一体化制造、重大装备大型锻件制造、难加工材料及零件的成型、高端零部件的修复等，3D 打印可以有效减轻结构重量、提高制造效率、降低生产成本，因此非常契合航空航天产业的需求。当前，航空航天零部件产业产值规模超过 1,500 亿美元，其中 3D 打印市场规模约 17.6 亿美元，份额占比尚不足 1.2%，未来市场空间巨大。据 Research and Markets 预测，2017-2021 期间全球商用航空 3D 打印市场将以 23% 的复合年增长率增长。

表 6：3D 打印目前在航空航天上的应用

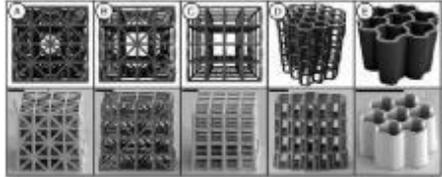
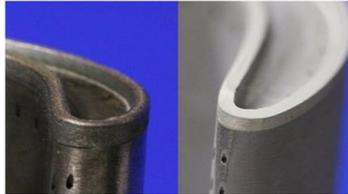
应用部位	飞机隔离仓的金属结构件	发动机的燃油喷嘴等功能部件	飞机主承力梁试验件
示例图片			

数据来源：3D 打印技术及应用，搜狐网，东方证券研究所

航空航天领域金属 3D 打印应用于直接制造的优势在于：

- 缩短新型航空航天装备及零部件的研发周期：**金属 3D 打印无需研发零件制造过程中使用的模具，让高性能金属零部件，尤其是高性能大结构件的研发、制造流程大为缩短。一些需要单件定制的复杂部件用传统工艺制作的周期过长，打印工艺制造速度快，成形后的近形件仅需少量后续机加工，可以显著缩短零部件的生产周期。美国宇航局马歇尔太空飞行中心通过 3D 打印制作火箭喷射器，制造时间明显缩短，仅花了 4 个月的时间，成本削减了大约 70%。
- 复杂结构设计得以实现：**金属 3D 打印具有高柔性、高性能灵活制造特点，可实现靠传统制造难以实现的复杂几何结构。同时，3D 打印工艺能够实现单一零件中材料成分的实时连续变化，使零件的不同部位具有不同成分和性能，是制造异质材料（如功能梯度材料、复合材料等）的最佳工艺，这大幅提升了航空航天业的设计和创新能力。
- 满足轻量化需求，减少应力集中，增加使用寿命：**金属 3D 打印技术的应用可以优化复杂零部件的结构，在保证性能的前提下，将复杂结构经变换重新设计成简单结构，从而起到减轻重量的效果。而且通过优化零件结构，能使零件的应力呈现出最合理化的分布，减少疲劳裂纹产生的危险，从而增加使用寿命。空客 A320 一个 3D 打印活页零件就可以减重 10 公斤左右，F16 战机 3D 技术制造的起落架平均寿命是原来的 2.5 倍。
- 提高材料的利用率，降低制造成本：**加工一个发动机叶盘，传统工艺制造属于“雕刻”，最终材料的利用率只有 7%。但是采用 3D 打印技术能提高材料的利用率到 60%，甚至到 90% 以上，航空航天制造领域大多使用价格昂贵的战略材料，比如像钛合金、镍基高温合金等金属材料，3D 打印技术可以节省昂贵原材料，显著降低制造成本。韩国空军利用 3D 打印技术制造其 F-15K 战斗机喷气发动机的高压涡轮机盖板，将成本从 4000 万韩元（3.4 万美元）减少到 300 万韩元，还将欧洲制造的运输机扬声器罩的制造成本从 621 美元降低至 35 美元。

表 7：金属 3D 打印在航空航天业的应用

应用类型		应用优势	应用案例
直接制造	机身结构件、发动机零部件等	低成本、快速制造、减重、提升强度及可靠性	
设计验证	结构件、零部件的性能测试	降低研发成本、缩短研发周期、优化结构设计	
维修	高价值易损零部件修复	当盘上的某一叶片受损，则整个涡轮叶盘将报废，直接经济损失价值在百万之上。3D 打印可以在破损部位进行激光立体成型修复，提高再利用率，降低成本	

数据来源：铂力特招股说明书，东方证券研究所

金属增材制造技术可以有效解决钛合金、镍基高温合金等难加工金属的制备问题。随着军民用飞机性能的不不断提升，机体结构钛合金用量也持续提升，民机由不到 4% 上升到接近 10%，歼击机由 F-16 的 3% 增加到了 F/A-18 的 15% 以及 F-22 的钛合金的 41%。但受钛合金难熔难加工的影响，传统“锻造+机械”的制造工艺不仅制造工序繁多、工艺复杂，而且需要大型钛合金真空铸锭炉、万吨级以上液压锻造机等重型装备，零件机械加工余量大、材料利用率低、制造成本高、生产周期长，严重制约了大型钛合金结构件在先进工业及国防装备中的广泛应用。发动机镍基高温合金则存在传统工艺一致性差、加工时长、修复困难等问题，3D 打印凭借其全自动、无模化、增材制造的工艺特点，可以有效解决上述制备难题，有望成为航空航天产业未来主流的金属加工制造方式。

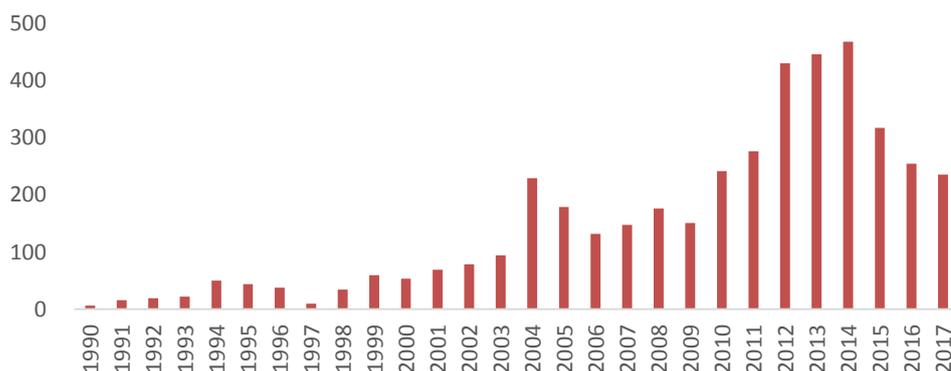
国际上金属增材制造在航空航天领域已逐步转入规模化应用阶段。波音公司截至 2018 年底已在 16 架商用和军用飞机上安装了数万个增材制造零件（包括 200 个非金属零件），并开始生产钛合金增材制造零件，预计投入后将使每架飞机最高节省 300 万美元；空客公司在其飞机上使用金属增材制造的支架和排气管，目前正与 Arconic 合作量产大型增材制造机身组件，2017 年 9 月首次在商用飞机上安装钛合金制造的支架。GE 公司在航空部门继续投资了约 35 亿美元，大量采购 EOS 公司生产的 M-280 工业金属 3D 打印机，计划在 2020 年打印出大约 10 万个燃料喷射管，目前已有 800 多台 3D 打印机正在使用，每年使用金属增材为其新型 LEAP 发动机制造数千个燃料喷嘴。

国内金属 3D 打印在航空航天领域的应用近年来发展较快，但产业化相比国外仍有差距。2013 年王华明院士以“飞机钛合金大型复杂整体构件激光成形技术”获国家技术发明奖一等奖。表明我国成为继美国之后，世界上第二个掌握飞机钛合金结构件激光快速成形技术的国家。西北工业大学凝固技术国家重点实验室制造的 C919 飞机主承力梁试验样件长度 5 米，中央翼缘条试验样件长度超过 3 米。2015 年成功发射浦江一号，在国内卫星上首次采用了 3D 打印钛合金材料的天线支架。国内金属打印技术虽然已得到较多应用，但目前更多是作为关键部位攻关、试验件制备或者小批量

产品应用，在产业化方面相比国外仍存在一定差距。伴随供应端国产能力的提升以及需求端应用的推广，未来产业化或将提速。

装备换代叠加发动机国产替代，航空航天领域需求量逐步释放，金属增材技术具备广阔空间。发动机方面，从2014年开始，我国发动机进口量逐渐减少，国产发动机逐渐成为主力，发动机零部件精密度高，性能要求严苛，外形结构复杂，对3D打印的需求较为迫切。飞行器方面，近年来20系列产品批产陆续定型，装备换代逐步提速，3D打印在难加工金属结构件领域的应用以及构件修复方面具备较大潜力。此外，未来C919等国产机型的批量交付将打开万亿级的民航市场，3D打印技术在双曲面窗框、翼根、起落架等关键部位都有望得到大规模的应用。

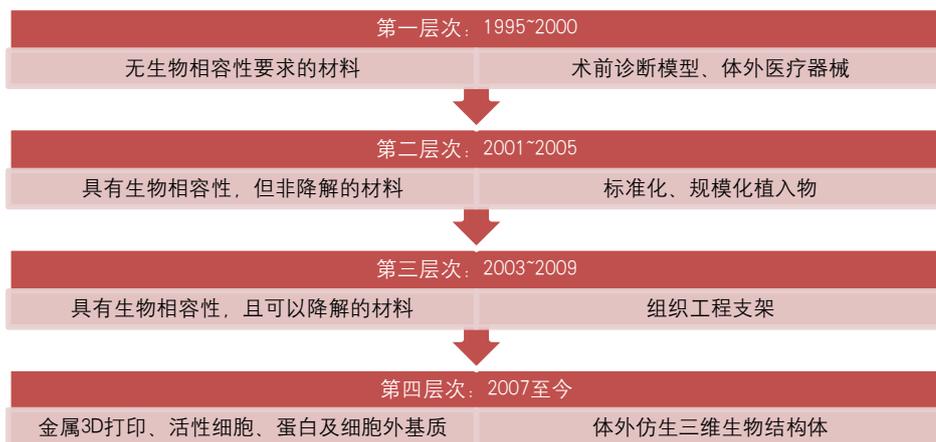
图 20：1990-2017 中国发动机进口量



数据来源：SIPRI，东方证券研究所整理

3.2 医疗行业：齿科骨科需求庞大，有望形成规模化定制市场

3D 打印目前主要应用于非生物医疗领域，在齿科、骨科、医疗器械市场应用成熟度高。3D 打印技术在医疗领域的应用主要可以分为四个层次。第一个层次是无生物相容性要求的材料，不会直接和细胞等直接产生接触或反应，典型案例包括骨科手术导板等，材料较为多样化；第二个层次是具有生物相容性但非降解材料，典型案例包括假耳移植无、人工骨移植等，主要使用钛合金、钴铬合金等材料；第三个层次是具有生物相容性，且可降解的材料，典型案例包括骨、皮肤组织工程支架，该类打印材料中含有磷酸钙，更容易融合转化；第四个层次是活性细胞、蛋白及细胞外基质，主要着眼于打印人体器官及组织，属于最新研究方向。目前 3D 打印应用最为广泛的主要是第一、二个层次的需求，相对来说在实用价值和技术成熟度上具备较高可行性。目前应用最广泛的包括两大领域：1) 个性化假体的制造，可用在骨科、齿科、整形外科等；2) 复杂结构以及难以加工的医疗器械制品，包括植入物与非植入物，如多孔结构的髌关节、模拟人体器官的医用模型等。

图 21：3D 打印在医疗领域应用的四个层次


数据来源：3D 打印技术及应用，东方证券研究所

3D 打印技术满足了医疗制品定制化、精准化需求，具有效率高和节约成本的优势。3D 打印 3D 打印技术具有的灵活性高、不限数量、节约成本等特点，能够非常好地满足医学领域个体化、精准化医疗的需求。设计即制造，以及全自动的生产方式非常契合定制化、高时效性的医疗行业需求。以口腔医学为例，一台 3D 打印设备可替代月产 1 万颗义齿生产线的全部人工，大大节约了生产成本。市场研究机构 Transparency Market Research 的报告显示，2016 年全球牙科 3D 打印市场规模达 9.03 亿美元，2025 年将达到 34.41 亿美元，年复合增长率达到 16.5%。

表 8：3D 打印在医疗上的应用示例

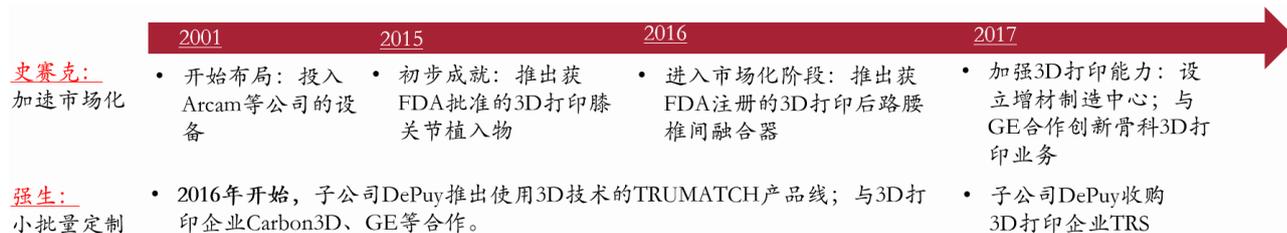
应用部位	应用图片
手术模型 利用模型选择最佳手术方法，手术的精确度和时间明显改善，并且有利于对医生进行培训。	
手术导板 强生推出了定制化的颅颌面（CMF）外科、膝关节手术导板等，这些复杂的几何形状往往只有 3D 打印技术才能实现。	
康复器具 3D 打印定制式矫形器结合计算机诊断、生物力学等技术，取型方便、模型精度高、透气、材料性能良好等优点，可对矫形效果进行精确控制。	

<p>骨科植入物</p> <p>3D 打印在制造植入物的多孔结构、拓扑优化结构等复杂结构中具有优势,更方便与目标位置匹配,减少了手术实施时间,增加了与患者的匹配度,减少了费用。</p>	
<p>口腔修复体</p> <p>3D 打印使口腔修复体在精密度方面得到了很大的提升,包括冠边缘、内冠与牙体等之间的密合性,从而影响修复体的临床效果。</p>	

数据来源: 3D 科学谷, 东方证券研究所

金属 3D 打印医疗植入物逐渐成熟，医疗领域有望形成规模化定制市场。从事医疗 3D 打印，尤其是医疗植入物领域，通过 FDA 认证或 CFDA 认证是最大的难点，审核严、周期长、费用高。国外医疗器械巨头从 2001 年起就已开始布局 3D 打印医疗植入物市场，积极开拓新技术、申请产品认证，在小批量定制的基础上逐渐往产业化方向发展。目前通过 FDA、CFDA 认证的 3D 打印植入物产品已经越来越多，国内爱康医疗的膝关节、髌臼杯、人工椎体等也相继获得审批，居国内销量市占率第一。随着产品增加、商业模式逐渐成型、医疗器械巨头采购使用 3D 打印设备将越来越多，有望形成医疗领域的规模化定制市场。

图 22：欧美医疗植入物产业化之路



数据来源: 增材制造与 3D 打印技术及应用, 东方证券研究所

3.3 其他行业：集中于设计研发环节或高端定制领域

汽车产业自身规模庞大，3D 打印哪怕只占据 1% 的份额也能带来百亿市场空间。目前 3D 打印在汽车工业的应用规模为 11.74 亿美元，主要用于研发环节，直接制造仅占 30%。当前，传统汽车制造环节产能固定切入难度大，3D 打印在普通金属标准件的规模化生产领域目前还不具备成本和效率优势，直接制造环节具备较高可行性的方向主要包括个性化外观组件定制（以宝马和标致汽车为代表）和复杂功能零件生产（以通用汽车为代表）两个方向。此外，随着新能源汽车市场的蓬勃发展，轻质化、一体化需求增强，且产品迭代速度较快，3D 打印有望凭借独特优势切入新产业链。保守估计，3D 打印未来即使只在每年过万亿美元的汽车研发、生产环节中占有 1% 的份额，其每年的市场规模也能超过百亿美元。Frost & Sullivan 市场调查报告预测，汽车 3D 打印的市场规模有望于 2025 年达到 43 亿美元。

汽车行业的金属 3D 打印的应用优势有两方面：1) 无模化，加速迭代过程，减少研发成本；2) 对产品的复杂性成本不敏感，适合创新颠覆产品的设计。将 3D 打印应用于汽车个性化制造领域的典型案例是宝马集团 MINI 汽车，2018 年开始 MINI 通过 3D 打印技术提供汽车零部件个性化定制服务。2018 年通用汽车和 Autodesk 合作重新设计了汽车座椅支架，新设计比原来的部件轻 40%、强 20%，将八个不同的部件整合到一个增材制造部件中。Conflux 公司通过 3D 打印对热交换器进行功能集成化的设计，使部件数量减少 2/3，交换器的尺寸减小 55 毫米，重量减轻 22%，还减少了热交换器所需的部件和对焊接的需求。

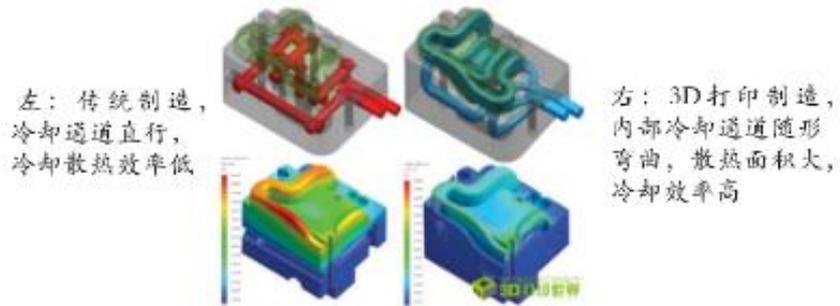
图 23：Conflux 热交换器



数据来源：3D 科学谷，东方证券研究所

3D 打印在工业制造中的应用较为分散，主要面向高端零部件领域。金属 3D 打印已经广泛用于模具行业，液压、燃气轮机、核工业、刀具、再制造等等，但受成本和生产效率的限制，主要在高端部件上应用。满足了工业制造领域对结构复杂产品的制造需求，提高产品性能，并适合小批量、研发到生产周期长的高端部件，与汽车领域相似，目前工业机械领域金属 3D 打印市场放量的瓶颈在于 3D 打印成本高、批量生产效率低。

我国高端模具依赖进口，3D 打印是实现国产替代的有利契机。受工业制造领域产业升级驱动，高端模具国产化需求迫切，3D 打印模具具备众多优点，包括：1) 模具生产周期缩短；2) 制造成本降低；3) 模具设计的改进为终端产品增加了更多的功能性如随型水冷等；4) 优化工具更符合人体工学和提升最低性能；5) 定制模具帮助实现最终产品的定制化，提升注塑模具的生产效率以及模具寿命。高端模具中国内具备立体热流和冷却水道模具制作能力的厂家屈指可数，内部结构复杂的随形冷却模具有望成为 3D 打印应用的主要方向之一。

图 24：3D 打印使得模具冷却时间最长能减少 100%


数据来源：3D 打印世界，东方证券研究所整理

3D 打印在消费品行业的应用主要集中在产品设计和开发环节。消费品行业涵盖范围较广，主要包括手机、电子产品、电脑、家电、工具和玩具等行业。消费品行业具有产品生命周期短，更新换代快的特性，需要持续不断的开发和投入。借助 3D 打印可以缩短产品开发周期，大幅削减设计成本，现有的 3D 打印技术可以实现各种复杂设计的模型制作，赋予设计师更多的自由，产品设计水平大幅提升。但由于 to C 的消费品行业对于价格的敏感度较高，因此阶段 3D 打印技术依然无法胜任规模化批产的任务。

4 依托成本和市场优势，3D 打印国产化发展迅速

4.1 老牌龙头地位稳固，国内企业由代理迅速走向自产

全球金属 3D 打印机领域新老企业并存，竞争激烈。1) **老牌厂商**：如 EOS、SLM solution、3D Systems 等老牌 3D 打印巨头，在早期引领了产业的发展，凭借专利优势拥有十几年甚至二十多年的技术积累，已经拥有较高的市场份额和客户认知度；2) **新创企业**：包括 Desktop Metal、Digital Alloys 等初创公司，这些公司多数成立于 2000 年甚至 2010 年以后，一反面系列专利到期后降低了进入壁垒，另一方面这些公司通过改进工艺技术、创新业务模式和提升成本控制，具备一定的后发优势。例如 Desktop Metal 分别开发了桌面级系统和工业级系统，以满足不同领域客户的需求。Digital Alloys 开发了 Joule Printing 技术，使用金属线代替金属粉末作为原材料来解决打印速度、质量和成本问题，在 2018 年获得了 1290 万美元的 B 轮融资。

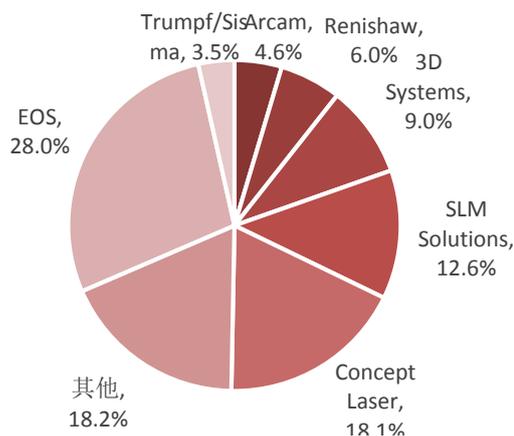
表 9：国内外主要金属 3D 打印厂商

公司名称	国家	主要技术	18 年收入	18 年出货量 (台)
EOS	德国	粉末床选区熔化	/	460 (含非金属设备)
SLM Solutions	德国	粉末床选区熔化	0.84 亿欧元	102
GE 增材 (收购瑞典 Arcam 与德国 Concept Laser)	美国	粉末床选区熔化	/	240
3D Systems (收购法国 Phenix Systems)	美国	粉末床选区熔化	6.88 亿美元	2368 (含非金属设备)
雷尼绍	英国	粉末床选区熔化	6.12 亿英镑	68
铂力特	中国	粉末床选区熔化	2.91 亿人民币	35
先临三维	中国	粉末床选区熔化	4.01 亿人民币	29 (金属 3D 打印设备)

数据来源：公开资料，东方证券研究所

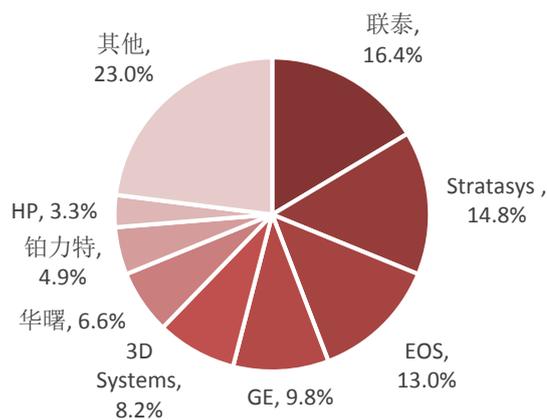
金属 3D 打印集中度较高，老牌巨头的市场地位稳固。全球有 7 家主要企业占据金属 3D 打印市场的 80% 以上，其中 EOS 享有 28% 的份额，是行业的绝对龙头。2010 年以后由于专利到期等因素影响，新创 3D 打印企业数量增长较快，但由于金属打印领域对技术和资金的要求较高，且下游客户更多面向工业级市场，尤其是 Concept Laser 等与客户（2016 年被 GE 收购）高度绑定的公司，因此老牌巨头的市场地位相对稳固。反之众多小规模 3D 打印企业仍处于微利或亏损状态，一方面金属 3D 打印主要面向 B 端客户，形成稳定的客户群体有赖市场的逐步开拓和品牌效应的形成；另一方面早期在政府的扶持下涌现了大批的初创企业，导致中低端市场的竞争较为激烈。

图 25：2017 年全球金属 3D 打印市场份额



数据来源：SmarTech Publishing, 东方证券研究所

图 26：2018 年中国 3D 打印设备品牌占比头部集中



数据来源：3D 科学谷, 东方证券研究所

总体技术路线和工艺实现方式已基本定型，但新技术依然存在应用空间。金属 3D 打印发展至今，总体技术路线已基本定型，主要为粉末床烧结和定向能量沉积两大类，但是在具体实现工艺上仍有较多分支路线。根据 DigitalAlloys 的统计，在两大总体技术路线中，激光烧结依然是主要的工艺实现方式，采用该技术的企业数量占比过半，产值更是占据主导地位。但新的工艺实现方式依然不断涌现，主要为一些面向特定市场的初创企业或者跨界进入者。

图 27：金属 3D 打印技术路线与采用技术的企业

WIRE				POWDER							OTHER	
Direct Energy Deposition				Powder Bed Fusion			Powder + Binder					
Joule Printing	E-Beam	Arc/Plasma	Laser	Laser	Laser	Material Jetting	Material Extrusion	Binder jetting	Cold Spray	Friction Welding	Sheet Lamination	

数据来源：3D 科学谷，东方证券研究所

国内企业逐步从代理走向自产，目前仅少数企业实现稳定盈利。早期国内 3D 打印厂商起步于代理销售海外产品，通过代理国外厂商产品、与国外厂商开展合作，国内厂商迅速提升技术水平、产业经验和客户积累。随着自有技术和产品的不断开发，国内头部企业已逐步成长起来，具备了一定的市场规模。目前中国市场份额前八的企业中，国外品牌占 37.6%，国内联泰（树脂）、华曙（尼龙及金属）、铂力特（金属）分别占 16.4%、6.6%和 4.9%。其中铂力特专注于金属 3D 打印市场，产品在航空航天领域已经得到广泛使用，拥有稳定的客户群体，是盈利质量最好的国内企业。但是由于国内 46%以上企业为 2016 年后进入市场，传统企业跨界涉足、新创企业不断孕育，加之国外金属 3D 打印巨头 3D Systems 进入中国市场，竞争日益扩大，多数企业仍无法盈利。

占据全球制造中心和最大消费市场的便利，国内企业在成本端和需求端均具备优势。3D 打印作为技术密集型行业，材料、设备、工艺技术的好坏是决定公司市场竞争力的重要因素之一。国内作为后来者，技术积淀不足，在基础工艺上的创新能力相对薄弱，凭借全新技术打开市场的难度较高。过去二三十年 3D 打印的市场份额多数都被拥有专利技术的老牌 3D 打印厂商掌控，专利技术的到期固然给新进入者开了一道口子。国内企业应当在努力弥补技术短板创新应用工艺的同时，挑选优质市场绑定优质客户，在形成稳定现金流的前提下，才能进一步参与全球竞争。国内企业占据全球制造中心和最大消费市场的便利，在成本端和需求端均具备优势，向上可以提升设备/材料的盈利能力，向下可以与航空、医疗等行业共同成长，绑定优质客户，在这两方面能力突出的企业往往更具备竞争优势和可持续发展能力。

4.2 国内金属 3D 打印相关公司介绍

金属 3D 打印产业链已基本实现国产化，其中不乏具备核心技术优势的企业。金属耗材端主要企业包括钢研高纳、金钼股份、宝钛股份、楚江新材、银邦股份等，产品覆盖高温合金粉末、钛金属粉末已经其他的难熔金属球形粉；关键零部件及配套设备供应商包括锐科激光、先临三维、诺雅光电

等企业，产品涵盖高功率激光器、3D 扫描仪、场镜、振镜等。金属打印设备端企业包括铂力特、华曙高科、先临三维、大族激光等；打印服务企业包括中航重机、南风股份等。

表 10：国内涉及金属 3D 打印的上市公司

公司名称	产品	主要技术
钢研高纳 (300034.SZ)	金属耗材	开发 3D 打印用高温合金粉末产品
金铂股份 (601958.SH)	金属耗材	自主研发出 3D 打印用高致密球形金属粉末
宝钛股份 (600456.SH)	金属耗材	国内钛合金龙头，钛合金粉末主要供应商
楚江新材 (002171.SZ)	金属耗材	子公司顶立科技
银邦股份 (300337.SZ)	金属耗材 打印服务	材料：金属粉末；服务：加工生产医疗器械 零部件、航空金属样件、注塑模具等
锐科激光 (300747.SZ)	激光器	国产光纤激光器龙头，主要产品包括 10W 至 200W 的脉冲光纤激光器
铂力特 (688333.SH)	3D 打印机	国内金属 3D 打印机龙头，在航空航天领域享 有较高市占率
先临三维 (830978.OC)	3D 扫描仪 3D 打印机	3D 数字化技术国际先进，3D 打印技术国内领 先，具备软硬一体完整技术链
大族激光 (002008.SZ)	3D 打印机	在激光发生器、三维建模、激光熔覆等 3D 打 印的关键技术上具有优势，已推出基于 DLP 技术、SLM 技术的 3D 打印机
中航重机 (600765.SH)	打印服务	使用增材制造技术，加工用于军工航天的钛 合金等高端金属材料的大尺寸、异形、薄壁、 承力结构件
南风股份 (300004.SH)	打印服务	使用增材制造技术，加工用于核电、电力、 船舶等厚壁大尺寸结构件

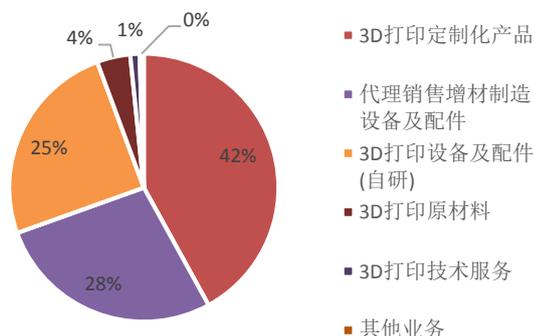
数据来源：公司公告，东方证券研究所

4.2.1 铂力特：国内金属 3D 打印机龙头

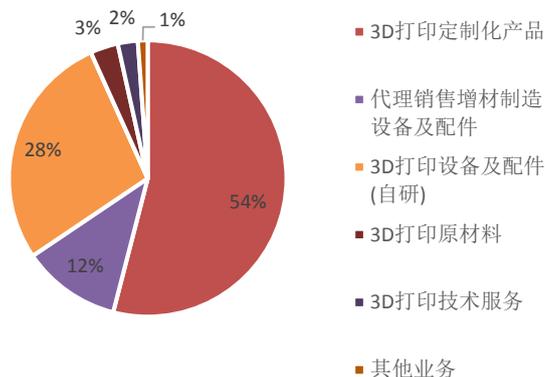
主营工业级金属 3D 打印设备业务，航空航天领域金属 3D 打印龙头企业。铂力特成立于 2011 年，业务涵盖金属 3D 打印原材料的研发及生产、金属 3D 打印设备的研发及生产、金属 3D 打印定制化产品服务、金属 3D 打印工艺设计开发及相关技术服务（含金属 3D 打印定制化工程软件的开发等）。公司依托著名军工高校西北工业大学，现已发展成为中国最具产业规模的金属增材制造企业，产品和服务广泛应用于航空航天、工业机械、能源动力、科研院所、医疗齿科、汽车制造及电子工业领域，尤其在航空航天和工业机械领域拥有较高的市占率。

铂力特主要有四类业务。1) 3D 打印定制化产品，通过自有金属增材设备为客户提供金属 3D 打印定制化产品的设计、生产及相关服务，2018 年毛利率 56%；2) 代理销售增材制造设备及配件，主要是非独家代理国外 EOS 公司的 3D 打印设备，毛利率 18%；3) 销售自研 3D 打印设备及配件，毛利率 48%；4) 销售 3D 打印原材料，主要是通过国内贸易代理公司从国外厂商 TLS、Praxair 等进口金属粉末后进行销售，毛利率 35%；5) 3D 打印技术服务，具体包括工艺咨询服务、设计

优化服务、逆向工程服务、软件定制服务等，毛利率 90%。铂力特商业模式与先临三维有差异，其打印产品业务占比大，成本低、毛利高，推动盈利能力提升。

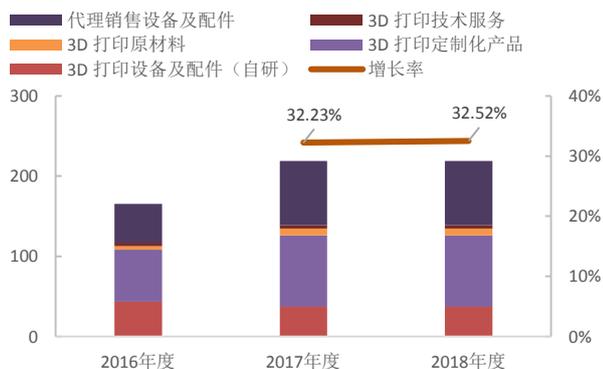
图 28：铂力特 2018 年营收结构


数据来源：wind，东方证券研究所

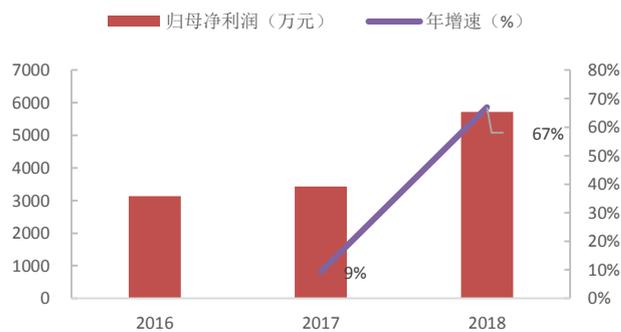
图 29：铂力特 2018 年毛利结构


数据来源：wind，东方证券研究所

铂力特近三年营收业绩均保持较高增速。2016-2018 年营收分别为 1.66 亿元、2.20 亿元、2.91 亿元，复合增长率达到 21%，近三年归母净利润分别为 0.31 亿元、0.349 亿元、0.57 亿元，复合增长率高达 22%。

图 30：铂力特历年营收及增速


数据来源：Wind，东方证券研究所

图 31：铂力特历年归母净利润及增速


数据来源：Wind，东方证券研究所

公司整体实力在国内外金属增材制造领域处于领先地位。公司整体的技术实力强，专攻金属增材制造。基于装备、工艺、原材料、设计协同发展，设备各项核心技术指标达到国外同类领先产品的水平，形成了基于增材制造技术的构件一体化结构设计、轻量化结构设计（薄壁化、镂空化结构）、拓扑优化结构设计等先进设计技术，为航空航天领域重点型号的减重设计、一体化设计提供有效的技术支撑。公司先后承担工信部“国家重大科技成果转化”、“工业强基工程”、“国家智能制造试点示范项目”、科技部“国家重大研发计划”等国家级、省部级重大专项。

铂力特客户资源优质，主要为实力雄厚的大型军工央企集团下属企业或事业单位。主要客户有中航工业、航发集团、航天科工、航天科技等军工企业以及科研院所等。其 3D 打印零件产品批量装机应用或支持多项国家重点型号工程的研制，具体包括 7 个飞机型号、4 个无人机型号、7 个航空发动机型号、2 个火箭型号、3 个卫星型号、5 个导弹型号、2 个燃机型号、1 个空间站型号，

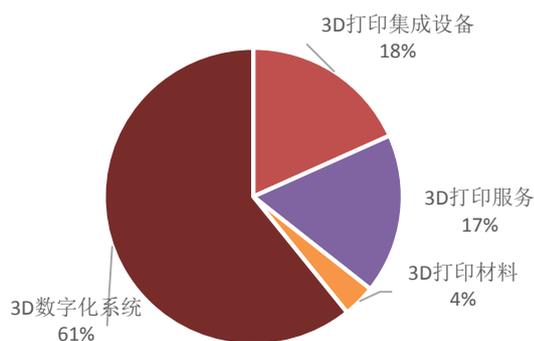
涉及 C919 等军民大飞机、先进战机、无人机、高推比航空发动机、新型导弹、空间站和卫星等。公司与国内航空航天单位及下属科研院所保持紧密合作。

4.2.2 先临三维：3D 扫描仪及打印设备领先企业

先临三维成立于 2004 年，在 3D 扫描仪和打印机领域实力强劲。公司 2014 年 9 月在新三板挂牌，2019 年 5 月科创板上市申请受理，拟募集资金 8.14 亿元，募资用途包括面向高端制造的金属 3D 打印装备及工艺技术研发及产业化，面向齿科精准医疗、面向定制消费的 3D 数字化与 3D 打印系统研发及产业化项目，以及 3D 数字化与 3D 打印智能软件及算法技术研发项目。先临三维拥有金属、尼龙、树脂、桌面等 10 多款自主 3D 扫描与 3D 打印设备产品，提供数字化、定制化、智能化的“3D 数字化—智能设计—3D 打印”智能制造完整解决方案，应用于高端制造、精准医疗、定制消费和启智教育等四大领域。

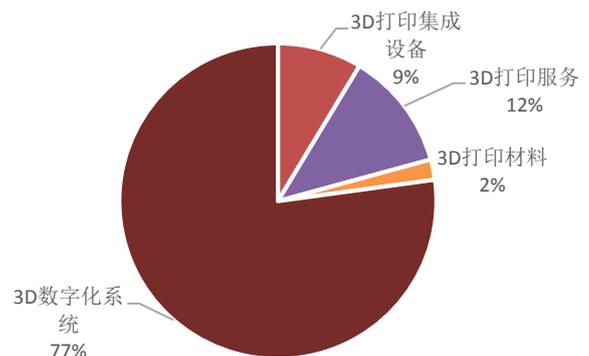
先临三维有两大类业务。1) 3D 数字化系统，主要进行三维数字化设备产品销售，毛利率 67%。在服务上，主要根据客户需求利用自持设备提供三维扫描、数据处理及 3D 打印服务。2) 3D 打印系统及服务，主要进行打印设备销售和相关技术服务。四类细分业务综合毛利率 39%，其中自研设备销售毛利率 50%，集成设备销售毛利率 24%，3D 打印服务毛利率 36%，3D 打印材料毛利率 31%。

图 32：先临三维 2018 年营收结构



数据来源：wind，东方证券研究所

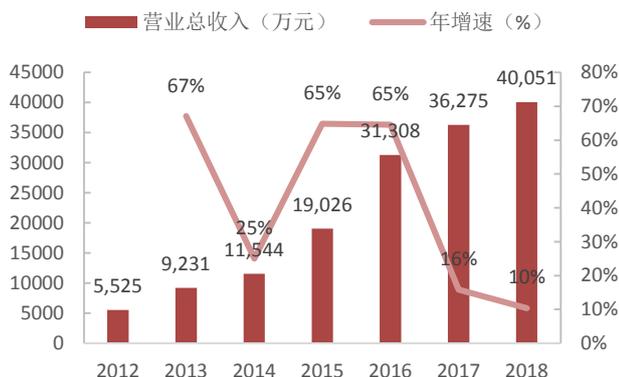
图 33：先临三维 2018 年毛利结构



数据来源：wind，东方证券研究所

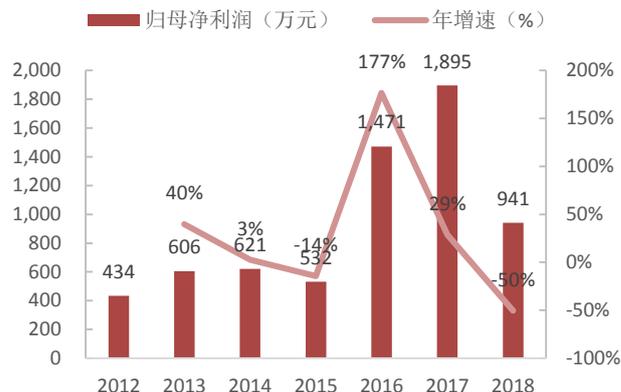
先临三维近三年营收持续增长，但业绩受研发费用影响较大。2016 年至 2018 年，公司的营收分别为 3.13 亿元、3.63 亿元和 4.01 亿元；归母净利润分别为 1471.22 万元、1895.01 万元及 941.07 万元，扣非后归母净利润分别为 981.52 万元、-135.79 万元、-2145.38 万元。近两年扣非后归母净利润均为负的原因，主要由于期间研发费用较大，部分子公司实施股权激励产生股份支付金额较大，且有部分子公司计提商誉减值与无形资产减值以及非经常损益中政府补助金额较大等。

图 34：先临三维历年营收及增速



数据来源：Wind，东方证券研究所

图 35：先临三维历年归母净利润及增速



数据来源：Wind，东方证券研究所

先临三维的 3D 扫描技术优势较强，客户大部分为科研院所、汽车、工业机械等企业，集中度低。到 2018 年 9 月底，公司拥有已授权和申请中的专利合计 479 项，其中申请中的国际发明专利 (PCT) 14 项，是国家白光三维测量系统行业标准的牵头起草单位，具有较强的技术优势。研发投入高，2016 年~2018 年合计研发费用为 2.26 亿元，占三年期总收入比例为 20.98%。公司主要客户有扬州市智能化技术研究院、UFP Deutschland、奇瑞汽车、杭州古凡机电等企业，2018 年前五大客户销售金额占营业收入的 12.11%。

4.2.4 楚江新材：子公司顶立科技具备超纯洁净金属粉体生产能力

楚江新材 2015 年收购子公司顶立科技拥有国际先进的新型等离子制粉技术。顶立科技成立于 2006 年，是中国 3D 打印创新企业，少数实现高端进口替代的企业。公司采用国际先进水平的新型等离子制粉技术 (N-PREP)，建成金属粉末研发生产基地，提供金属 3D 打印整体解决方案：专业生产超纯洁净金属基 3D 打印球形实心粉体，提供军、民用高性能金属 3D 打印制品服务、高端金属 3D 打印制品关键热处理工艺及装备、适于 3D 打印的结构拓扑优化与轻量化设计等。

顶立科技 3D 打印业务主要包括打印材料与打印制品。其中包括 1) 金属基 3D 打印粉体材料；2) 金属 3D 打印制品。客户主要集中在国家重点工程、航空航天、国防军工等领域。公司是中国航天航空的战略合作伙伴，国外主要客户有俄罗斯 VIRIAL、KOMPOZIT、KRASM 等主流的先进材料制造企业。

顶立科技的人才和技术优势较强。1) 公司拥有多专业、高水平的创新研发团队，并聘请了近 50 名在材料、机械、电气、环保等领域的国内顶级专家为顾问，可提供设备、工艺解决方案。2) 公司自 2013 年就开始从事金属基 3D 打印粉末制备技术研发，攻克了超高转速等离子旋转雾化关键共性技术难题，手握 120 余项发明专利，已研制开发出具有自主知识产权的第四代等离子旋转雾化制粉设备，制备的钛基、镍基、铝基等数十种金属 3D 打印粉末达到国际先进水平，已成功应用于航空航天、武器装备等高端军工领域。

图 36：楚江新材历年营收及增速


数据来源：Wind，东方证券研究所

图 37：楚江新材历年归母净利润及增速


数据来源：Wind，东方证券研究所

公司业绩稳步上升，盈利能力持续改善。2014-2018 年营收分别为 82.23 亿元、80.11 亿元、79.18 亿元、110.44 亿元、131.07 亿元，复合增长率 9.8%，近五年归母净利润分别为 0.52 亿元、0.70 亿元、1.87 亿元、3.61 亿元、4.09 亿元，复合增长率高达 51.5%。

推动一系列战略转型和变革，实现 3D 打印材料量产化。通过高端军工装备领域积累的人才优势和技术优势，推动更多的材料产业项目落地，为公司在军工新材料领域实现跨越式发展奠定项目基础和盈利保证，同时实现超高纯石墨和金属基 3D 打印材料大规模产业化。对金属 3D 打印粉体材料、固废环保处置项目、气垫炉、石墨纯炉等重点项目进行研制和攻关，为公司后期经营提供新的利润增长点。

风险提示

3D 打印商业化拓展不及预期。供应端受 3D 打印技术在量产能力、器件体积、成本控制、专业化人员等方面因素的影响，需求端受国内航空航天、医疗器械等行业需求释放以及增材制造技术普及程度的影响，3D 打印产业化应用推进速度存在不确定性。

高端耗材和关键零部件自主可控风险。高端耗材方面，如高纯净度、高球形度、高一一致性窄端金属粉末，关键零部件方面，如高光束质量激光器、光束整形系统、光扫描振镜等，目前国内技术水平相比国外依然存在一定差距，高端产品存在自主可控风险。

分析师申明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的研究分析师在此作以下声明：

分析师在本报告中对所提及的证券或发行人发表的任何建议和观点均准确地反映了其个人对该证券或发行人的看法和判断；分析师薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本研究报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

投资评级和相关定义

报告发布日后的 12 个月内的公司的涨跌幅相对同期的上证指数/深证成指的涨跌幅为基准；

公司投资评级的量化标准

- 买入：相对强于市场基准指数收益率 15%以上；
- 增持：相对强于市场基准指数收益率 5%~15%；
- 中性：相对于市场基准指数收益率在-5%~+5%之间波动；
- 减持：相对弱于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级 —— 由于在报告发出之时该股票不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该股票的研究状况，未给予投资评级相关信息。

暂停评级 —— 根据监管制度及本公司相关规定，研究报告发布之时该投资对象可能与本公司存在潜在的利益冲突情形；亦或是研究报告发布当时该股票的价值和价格分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确投资评级；分析师在上述情况下暂停对该股票给予投资评级等信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该股票的投资评级、盈利预测及目标价格等信息不再有效。

行业投资评级的量化标准：

- 看好：相对强于市场基准指数收益率 5%以上；
- 中性：相对于市场基准指数收益率在-5%~+5%之间波动；
- 看淡：相对于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级：由于在报告发出之时该行业不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该行业的研究状况，未给予投资评级等相关信息。

暂停评级：由于研究报告发布当时该行业的投资价值分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确行业投资评级；分析师在上述情况下暂停对该行业给予投资评级信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该行业的投资评级信息不再有效。

免责声明

本研究报告由东方证券股份有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

本研究仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。本报告的全体接收人应当采取必备措施防止本报告被转发给他人。

本报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，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证券研究报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的证券研究报告之外，绝大多数证券研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面协议授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

经本公司事先书面协议授权刊载或转发，被授权机构承担相关刊载或者转发责任。不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

提示客户及公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告，慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

东方证券研究所

地址：上海市中山南路 318 号东方国际金融广场 26 楼

联系人：王骏飞

电话：021-63325888*1131

传真：021-63326786

网址：www.dfzq.com.cn

Email：wangjunfei@orientsec.com.cn

