

2025年08月25日

证券研究报告|行业研究|军工行业深度报告

国防军工

军工增材制造深度报告：由“可选”到“必选”，由“配角”到“主角”

报告摘要

随着航空航天产业的发展，高新技术武器装备向小型化、高强度、轻量化、高可靠、低成本、高性能方向发展，对结构件及其成形技术的要求越来越高，增材制造技术凭借其加工周期短、材料利用率高、设计更自由等优势，能够对传统精密加工技术进行有效补充，不仅能够满足航空航天零件制造快速、低成本需求，还能实现超规格、复杂结构件的制造，为航空航天装备发展带来新机遇。

◆ 由配角向主角、由可选向必选的转变

中国增材制造产业联盟副秘书长李方正指出，我国增材制造技术发展正从“配角”变为“主角”，从“可选”变为“必选”。聚焦于航空航天等军品领域，我们认为驱动产业逻辑变化的因素源于以下几方面：

- ① 符合航空航天等军品制造领域所特有的多品种、小批量特征；
- ② 实现航空航天零部件复杂结构一体化制造；
- ③ 增材制造技术成本呈现下降趋势。

◆ 我国增材制造逐步完成从技术积累到商业化的过渡

在国家发展规划的引导和政策的支持下，我国增材制造已日趋成熟，市场呈现快速增长，同时，我国增材制造技术在工艺与装备稳定性、精度控制、变形与应力调控等方面均取得良好进展，与世界先进水平已基本同步，基本实现了工业设备产业化，缩小了与国外产品的差距。

◆ 我国增材制造行业成熟度提升，在航空航天领域应用范围持续扩大

增材制造技术以其在轻量化高性能材料及结构一体化成形方面的优势，逐渐成为提升航空航天设计与制造能力的一项关键核心技术，为航空航天高性能零部件的设计与制造提供了新的工艺技术途径。其所具有的单件小批量复杂结构快速制造的优势，与航空航天产品加工方式所契合，在新一代战机、国产大飞机、新型火箭发动机等重点装备的铰链、支架、内部组件、发动机部件等关键核心零部件实现了工艺替代及应用，解决了传统技术难

投资评级

增持

维持评级

行业走势图



作者

梁晨 分析师
SAC 执业证书：S0640519080001
联系电话：010-59562536
邮箱：liangc@avicsec.com

王绮文 分析师
SAC 执业证书：S0640524010001
邮箱：wangqw@avicsec.com

张超 分析师
SAC 执业证书：S0640519070001
联系电话：010-59219568
邮箱：zhangchao@avicsec.com

相关研究报告

【中航证券军工】军工行业周报：“九三”阅兵
前瞻军工 —2025-08-25

军工电子月报：关注估值修复后的结构性机会
—2025-08-19

【中航证券军工】军工行业周报：当军机掠过阿
拉斯加上空 —2025-08-18

股市有风险 入市需谨慎

中航证券研究所发布 证券研究报告

请务必阅读正文之后的免责声明部分

联系地址：北京市朝阳区望京街道望京东园四区2号楼中航产融大厦中航证券有限公司
公司网址：www.avicsec.com
联系电话：010-59219558 传真：010-59562637

以制造的复杂结构零件的成形问题，其应用范围逐渐向终端零件制造、产品修复再制造、商业化应用等方面深化发展。

◆ **我国龙头企业打印设备已达国际先进水平，核心器件自主可控程度亟需提高**

随着增材制造技术在航空航天领域应用范围的不断拓展，带动 3D 打印设备制造技术快速发展，行业内龙头企业技术水平已达到国际先进水平。随着航空航天装备对于轻量化、整体化零部件需求的提升，牵引着增材制造设备向着打印大尺寸零件方向迈进，突破了传统加工方式在尺寸上的限制，实现大型构件的“无缝”制造。

但当前，我国高端增材制造设备的核心元器件及关键零部件对进口依赖程度较高，虽然我国部分激光器及扫描器件已完成自主研制，但技术成熟度及稳定性与国外产品还存在一定的差距，因此，在航空航天领域配套应用规模较小，质量与可靠性还有待提高。

◆ **我国已研发出近百种牌号增材制造专用材料，粉末批次稳定性有待提高**

当前，我国已经开发出近百种牌号的增材制造专用材料，材料种类逐渐丰富，品质和性能稳定性也逐步提升。

但相较于传统材料的直接加工，3D 打印材料需要进行二次加工，为了保证原材料能够完成较好的熔融烧结并逐层堆积，3D 打印通常需要对所使用的材料成份进行设计调整，因此导致 3D 打印新材料研发成本较高，材料种类也相对有限。

◆ **增材制造技术由军向民、向多领域、向智能化、向海外发展**

增材制造技术在航空航天领域应用范围持续扩大，解决了航空航天领域传统制造工艺的“卡脖子”问题，通过大范围零件整合进行集成化制造，实现轻量化、高强度组件制造，提高装备可靠性的同时降低燃料消耗，提高附加效益。

对于增材制造在航空航天领域的发展方向可以关注：

- 1、产业成熟度提升，产能增加、成本下降，带动需求增加；
- 2、增材制造技术由军品向民用领域拓展；
- 3、我国增材制造设备以价格优势拓展海外市场；
- 4、应用领域扩大，从单领域到多领域、从制造到维修；
- 5、打印设备及产线智能化、打印材料功能化将推动 3D 打印发展；
- 6、3D 打印复合材料成为研究热点。

正文目录

一、 增材制造：制造理念转变引领制造变革.....	6
(一) 由配角向主角、由可选向必选的转变.....	6
(二) 概述：快速成型新工艺，促进航空航天行业发展.....	6
(三) 发展历程：由原型制造向产业化迈进.....	9
1、 海外 3D 打印发展：行业龙头通过兼并重组快速扩大业务规模， 或由大型制造企业布局增材制造业务	9
2、 我国 3D 打印发展：逐步完成从技术积累到商业化的过渡	10
(四) 工艺分类：技术创新推动增材制造工艺革新，激光增材制造是当 前航空领域最具代表性工艺.....	11
1、 航空航天增材制造技术的应用主要集中在金属增材制造技术领域	13
2、 定向能量沉积技术（DED）和粉末床选区熔化技术（PBF）在航 空航天领域广泛应用	13
二、 我国增材制造技术在航空航天领域应用现状.....	16
(一) 应用端：增材制造应用范围扩大	17
1、 航空：实现复杂结构件制造，加速设计迭代	18
(1) 军机：满足轻量化需求，3D 打印的零件尺寸逐渐增大.....	18
(2) 民机：推进增材制造件的适航取证是实现在民机规模应用的关键.....	20
(3) 发动机：实现复杂结构制造，减少零部件数量，解决材料难加工问题 ..	22
(4) 航空维修：节约维修成本，节省维修周期	23
2、 航天：满足快速制造、可复用性、经济性要求	26
(1) 商业航天（卫星+火箭）：实现快速制造，提高经济性	26

(2) 导弹：轻量化优势使导弹飞的更快、更远	28
(二) 装备端：龙头企业打印设备已达到国际先进水平，核心器件自主 可控程度亟需提高	29
(三) 材料端：我国已研发出近百种牌号专用材料，粉末批次稳定性有 待提高	30
三、 增材制造在航空航天领域发展趋势	31
(一) 产业成熟度提升，产能增加、成本下降，带动需求增加	31
(二) 增材制造技术由军品向民用领域拓展.....	31
(三) 我国增材制造设备以价格优势拓展海外市场.....	32
(四) 应用领域扩大，从单领域到多领域、从制造到维修	33
(五) 打印设备及产线智能化、打印材料功能化将推动 3D 打印发展	33
1、 3D 打印设备及产线向智能化迈进	33
2、 智能材料与结构推动新技术 4D 打印发展.....	33
(六) 3D 打印复合材料成为研究热点	34
四、 产业链公司.....	34
五、 投资逻辑.....	36
六、 风险提示.....	37

图表目录

图 1 增材制造工艺原理图	7
图 2 增材制造在航空航天领域应用.....	10
图 3 我国增材制造技术发展历程.....	11
图 4 2023 年中国增材制造产业细分领域营收占比	11
图 5 增材制造主流技术发展历程.....	14
图 6 2035 年航空领域增材制造技术发展路线图	16
图 7 我国增材制造市场空间测算（单位：亿元）	17

图 8 增材制造在航空航天领域的应用及优势	18
图 9 增材制造技术在飞机结构上应用的三个重要阶段	19
图 10 航空装备主要使用得增材制造工艺示意图	20
图 11 增材制造技术在 C919 的应用	21
图 12 航空发动机可应用 3D 打印制造的零部件	22
图 13 航空发动机主要使用的增材制造工艺示意图	23
图 14 增材制造修复原理	24
图 15 振镜工作原理	29
图 16 2024 年全球增材制造市场份额占比	32
图 17 FDM 制备复合材料原理图	34
图 18 增材制造在航空航天产业链公司	36
表 1 增材制造技术与传统精密加工技术对比	7
表 2 增材制造分类	12
表 3 航空航天领域用典型增材制造金属材料及其应用	13
表 4 主流增材制造技术在航空航天领域应用	14
表 5 增材制造在 C919 的市场规模	21
表 6 飞机零部件损伤情况及可修复性建议	24
表 7 冷喷涂增材制造技术优势	25
表 8 3D 打印在商业航天中的应用	26
表 9 增材制造在商业航天市场规模	28
表 10 航空航天领域用增材制造材料特点	30

一、增材制造：制造理念转变引领制造变革

（一）由配角向主角、由可选向必选的转变

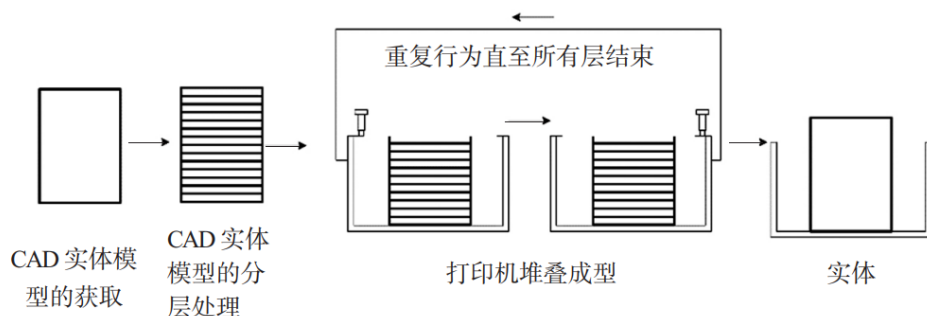
2024 增材制造产业发展论坛暨增材制造产业年会上，中国增材制造产业联盟副秘书长李方正指出，我国增材制造技术发展正从“配角”变为“主角”，从“可选”变为“必选”。聚焦于航空航天等军品领域，我们认为驱动产业逻辑变化的因素源于以下几方面：

- ① 符合航空航天等军品制造领域所特有的多品种、小批量特征。增材制造技术无需工装和模具，通过数字模型驱动生产，对于航空航天领域所需要的小批量、定制化的零部件不仅具有成本效益，还能够缩短制造周期；
- ② 实现航空航天零部件复杂结构一体化制造。增材制造技术能够满足高复杂度结构件的生产需求，同时通过结构功能一体化设计，大幅减少航空航天装备零件数量，实现装备轻量化，提高装备工作效能和可靠性；
- ③ 增材制造技术成本呈现下降趋势。随着增材制造技术的成熟以及增材制造设备国产化程度的提高，增材制造设备价格有所下降，此外，随着我国在打印原材料方面技术的突破，以及钛合金等打印材料价格的下降，带动增材制造技术成本的走低。成本的降低有助于增材制造技术的应用，提高增材制造技术的规模化效应，带动产业进入良性循环。

（二）概述：快速成型新工艺，促进航空航天行业发展

增材制造作为一种快速成型的前沿工艺，带来了制造业的革命性变革。3D 打印是以三维模型为基础，通过计算机软件和数控系统将复杂的零部件结构离散为简单的二维平面，再利用激光束、热熔喷嘴等方式将特殊材料堆积成形，制造出与数字模型完全一致的零件。

图1 增材制造工艺原理图



资料来源：《3D 打印技术设备的现状与发展》，中航证券研究所整理

增材技术可互相补充、协同发展，利用增材制造技术快速加工复杂零部件，通过减材工艺提高成型件精度。随着航空航天产业的发展，高新技术武器装备向小型化、高强度、轻量化、高可靠、低成本、高性能方向发展，对结构件及其成形技术的要求越来越高，增材制造技术凭借其加工周期短、材料利用率高、设计更自由等优势，能够对传统精密加工技术减材制造和等材制造进行有效补充。

在设计端，增材制造技术能够显著缩短研发迭代周期，改变“制造决定设计”的局限，提升设计的灵活性和效率；在制造端，增材制造技术能够提高材料利用率，降低小批量生产成本，减少库存积压。

表1 增材制造技术与传统精密加工技术对比

项目	金属 3D 打印技术	传统精密加工技术
技术原理	“增”材制造 (分层制造、逐层叠加)	“减”材制造 (材料去除、切削、组装)
技术手段	SLM、LSF 等	磨削、超精细切削、精细磨削与抛光等
适用场合	小批量、复杂化、轻量化、定制化、功能一体化零部件制造	批量化、大规模制造，但在复杂化零部件制造方面存在局限
使用材料	金属粉末、金属丝材等（受限）	几乎所有材料（不受限）
材料利用率	高，可超过 95%	低，材料浪费
产品实现周期	短	相对较长
零件尺寸精度	±0.1mm (相对于传统精密加工而言偏差较大)	0.1-10μm (超精密加工精度甚至可达纳米级)
零件表面粗糙度	Ra2μm-Ra10μm 之间 (表面光洁程度较低)	Ra0.1μm 以下 (表面光洁度较高，甚至可达镜面效果)

资料来源：铂力特招股书，中航证券研究所

虽然增材制造技术能够满足航空航天零件制造过程中快速、低成本需求，还能实现超规格、复杂结构件的制造，为航空航天领域带来了制造技术的革命性变革，但在

实际应用过程中还面临一些挑战。

① 相较于成熟的减材制造，增材制造成本仍然偏高

虽然近些年 3D 打印在材料端、设备端的成本出现了较大幅度的下降，但相较于成熟的减材制造，增材制造成本仍然偏高。主要体现在设备成本（金属 3D 打印机）、材料成本（专用的金属粉末价格远高于传统形式的同种棒料、锻件材料）、后处理成本（打印完成的零件通常需要大量的后处理工序，如去除支撑结构、热处理、机加工、表面处理以及可能的热等静压等）、辅助设施成本（需要如氩气、氮气惰性气体保护，专门的排风过滤系统、粉末回收处理设备）以及维护成本（激光器、光学系统等设备维护）。因此降本是增材制造替代减材制造过程中持续追求的目标。

② 由于“逐层堆积”的本质，生产速度较慢

与传统的减材制造或大批量成形工艺相比，逐层堆积的过程相对耗时。打印一个中等复杂度的零件可能需要数小时甚至数天。同时由于工件表面处理及热处理需求，后处理步骤进一步延长了生产周期。此外对于大批量、形状相对简单的零件，传统制造方法（如压铸、冲压）在速度和经济性上具有压倒性优势。因此，增效是引领增材制造技术发展的核心动力，比如技术上从以往的单激光头，到多激光头并行扫描，大幅提升产能。

③ 设备尺寸限制产品尺寸

打印零件的最大尺寸受限于 3D 打印机构建仓的尺寸。虽然大型设备不断出现，但构建超大零件仍然具有挑战性，且成本高。因此，持续推出更大构建仓的工业级设备与提升打印效率，降低成本在并行发展。同时模块化打印与连接技术也可以一定程度解决大尺寸结构件的需求，将大型构件分割成可打印模块，通过优化设计接口，采用高质量焊接、机械连接或扩散连接等方式进行可靠集成。

④ 表面质量和精度的挑战

由于增材制造是逐层堆积，倾斜或曲面表面会呈现出阶梯状的纹理，表面粗糙度通常较差（Ra 值较高）。而未完全熔融的粉末颗粒可能粘附在表面，或形成小的熔融金属球，影响表面光洁度。同时金属在熔融和凝固过程中会发生收缩，可能导致零件变形、翘曲或尺寸偏差。因此增材制造对于需要高精度配合或光滑表面的区域，几乎总是需要进行额外的机加工来达到要求。而这一方面的优化，则需要较高的设计与工艺经验，优化打印工艺，在结构件产品设计阶段，利用仿真等手段进行几何预补偿等。

⑤ 内部缺陷和力学性能挑战

受制于增材制造本身“逐层堆积”的本质，工艺控制不当可能导致内部出现气孔、未熔合等缺陷，降低零件的致密度和力学性能（尤其是疲劳强度、断裂韧性）。快速熔融和凝固过程会在零件内部产生显著的残余应力，需要后续热处理来消除应力。同时

层状堆积的特性可能导致零件的力学性能在不同方向上存在差异(例如 Z 向性能通常低于 XY 平面),不如传统锻造件各向同性好。而在产品性能一致性方面,确保不同批次、甚至同一批次不同位置零件性能的高度一致性和可重复性仍然是一个挑战。因此,增材制造在工艺控制, 产品后处理及检测方面具有较高的技术要求。

⑥ 可用材料种类仍有待提高

虽然增材制造可打印的金属合金种类在不断增加,如钛合金、铝合金、镍基高温合金、不锈钢、工具钢、钴铬合金、铜合金、贵金属等,但仍然远少于传统制造方法可用的材料范围。一些高性能合金的打印工艺复杂且成本高昂。而受制于材料性能差异,3D 打印材料的性能需要大量的测试和认证工作。而对于材料粉末也有很高的要求,粉末的粒度分布、球形度、流动性、氧含量等对打印过程和零件质量影响巨大。

以上挑战,短期内决定了增材制造还不能完全取代传统制造方法。我们认为,随着研发投入增加、技术成熟度提高和规模化应用扩大,金属 3D 打印的诸多缺点正在被逐步克服,其应用范围和竞争力将持续增强,最终成为现代制造业不可或缺的关键技术之一。

(三) 发展历程：由原型制造向产业化迈进

起初,增材制造主要扮演着快速原型的角色,被用于设计验证和概念演示,随着 3D 打印技术的成熟,增材制造技术拓展至能够直接制造在下游应用领域中使用的终端零件,在零件制造、原型制作、修复和替换、轻量化设计等航空航天各领域内发挥着尤为重要的作用,增材制造应用场景也实现了由“快速原型”到“快速制造”的转变。

1、海外 3D 打印发展：行业龙头通过兼并重组快速扩大业务规模，或由大型制造企业布局增材制造业务

增材制造技术的思想起源于 19 世纪末的美国,在 20 世纪 80 年代诞生,21 世纪得到发展和推广,其发展历程可分为三个阶段:

第一阶段(1980 年—1990 年): 3D 打印专利、技术、原型机先后诞生;

第二阶段(1990 年—2010 年): 欧美逐渐形成具有影响力的 3D 打印公司,由技术和理论的雏形过渡至 3D 打印机及产品的生产,3D Systems、Stratasys、EOS 等企业相继推出 3D 打印设备,同时,3D 打印所生产的产品类别和下游应用场景也在不断扩大;

第三阶段(2010 年至今): 3D 打印行业快速发展,龙头企业的产业布局方式可以总结为两类,一种是由设备制造商通过产业链整合方式向系统解决方案提供商转变,以 Stratasys 和 3D Systems 为代表,通过收购专用材料生产商、软件开发商、3D 扫描仪制造商、服务提供商等数十家企业,打造完整产业链;另一种是大型制造

企业布局增材制造业务，拓展业务领域，如 HP 设立增材制造业务部，美国航空制造商霍尼韦尔通过在美国、印度、捷克以及中国上海设立的四个增材制造技术中心开展 3D 打印飞机配件的研究。

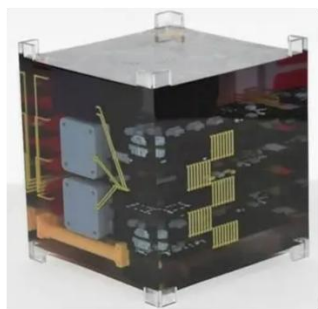
以 3D Systems 发展历程为例，公司以立体光固化成型技术（SLA）起家，通过并购持续扩张业务领域，如收购 DTM 公司获得选择性激光烧结技术（SLS）、收购 Z Corp 获得粘结剂喷射技术（BJT）、收购 Phenix Systems 掌握金属粉末床熔融技术。如今 3D Systems 成为美军增材制造供应商之一，如其在 2023 年获美国空军 1075 万美元合同，开发大幅面金属 3D 打印机，重点支持高超音速武器部件制造；2024 年入选美国空军为期 9 年合计 9.75 亿美元的合同，3D Systems 凭借金属打印的优势在美军中保持一定的地位。

增材制造技术当前已进入产业化发展阶段，引领着航空航天技术的变革。经过 30 余年的发展，增材制造技术不断创新，规模稳步增长，技术体系和产业链条不断完善。美国国家航空航天局（NASA）、SpaceX 和 Relativity Space 使用增材制造技术生产火箭点火装置、推进器喷头、燃烧室和油箱；美国 GE、波音、洛克希德马丁等公司使用增材制造技术生产商用航空发动机零部件、军机机身部件等，其中美国 GE 通过 3D 打印生产的燃油喷嘴数量在 2021 年突破 10 万件，并于 2024 年 7 月交付了包含 304 个 3D 打印零部件的 GE9X 发动机；洛克希德马丁公司在 F-35、F-22 战斗机均使用了 3D 打印的钛合金零件；Artemis II Orion 航天器中已应用了近 200 个 3D 打印部件。

图2 增材制造在航空航天领域应用



“苍穹”可重复使用液氧/
煤油发动机



3D打印小卫星模型



航空发动机火焰筒零件

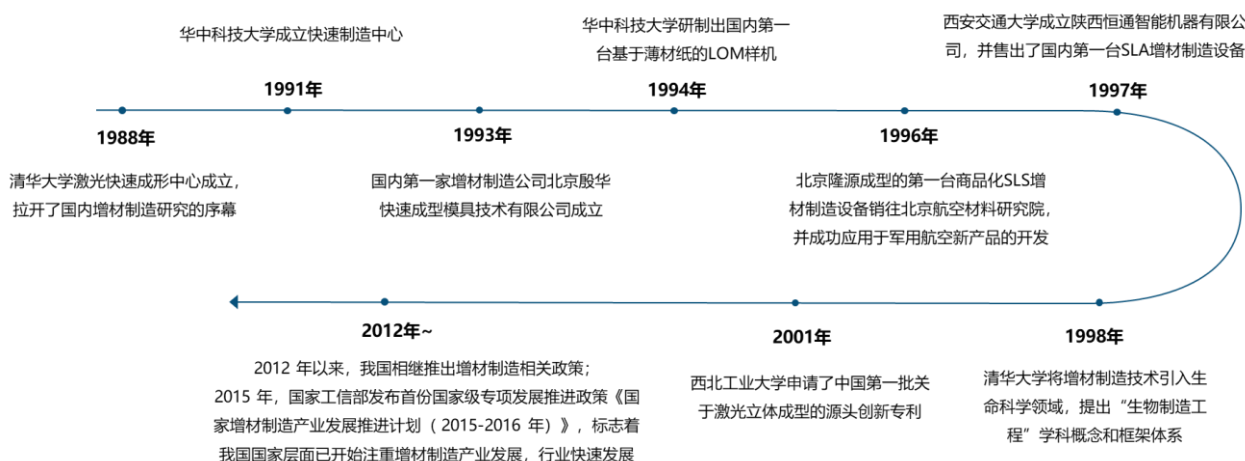
资料来源：华曙高科，飞而康科技，星河动力，江苏科技公众号等，中航证券研究所整理

2、我国 3D 打印发展：逐步完成从技术积累到商业化的过渡

行业起步晚于欧美，近年来差距逐渐缩小。① 我国增材制造技术起步于 20 世纪 90 年代，清华大学、西安交通大学、华中科技大学等多所高校在政府资金支持下启动增材制造技术研究；② 2000 年—2010 年，各高校先后实现 SLA、SLS、FDM、SLM 等主流 3D 打印技术零的突破；③ 2011 年至今，我国增材制造技术快速发展，国家相关政策相继出台，增材制造被提上产业化发展议程。

2015 年，工业和信息化部、发展改革委和财政部联合印发的《国家增材制造产业发展推进计划（2015-2016 年）》，推动我国增材制造产业快速有序发展；2016 年底，国家增材制造创新中心建立，支撑我国增材制造创新技术、共性技术研究，同时一批省级增材制造创新中心也相继成立或宣布筹建，形成了国家级、省级增材制造创新中心协同布局的发展格局。

图3 我国增材制造技术发展历程



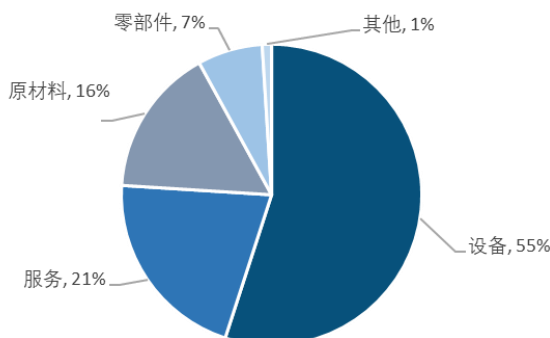
资料来源：《中国增材制造产业发展报告（2017 年）》，中航证券研究所整理

我国增材制造技术与世界先进水平已基本同步。我国政府高度重视增材制造产业发展，在经历了初期产业链分离、原材料不成熟、技术标准不统一与不完善及成本昂贵等问题后，在政策支持下，我国增材制造已日趋成熟，市场呈现快速增长。同时，我国增材制造技术在工艺与装备稳定性、精度控制、变形与应力调控等方面也取得良好进展，我国增材制造技术与世界先进水平已基本同步，缩小了与国外产品的差距。

（四）工艺分类：技术创新推动增材制造工艺革新，激光增材制造是当前航空领域最具代表性工艺

增材制造打印设备和服务占据增材制造行业近 80% 的市场份额。增材制造技术的出现对传统的工艺流程、生产线、工厂模式、产业链组合产生深刻影响，当前增材制造产业链已相对完整，上游涵盖了 3D 打印原材料、3D 打印设备零部件、三维扫描设备、三维软件等；中游以 3D 打印设备生产商为主，大多同时提供打印服务业务；下游则应用于航天航空、核工业、船舶等领域。

图4 2023 年中国增材制造产业细分领域营收占比



资料来源：《增材制造白皮书》，中航证券研究所整理

增材制造根据增材材料、工艺以及装备的特点有多种分类方式：

- ①按照所采用热源种类的不同，增材制造技术主要分为激光增材制造、电子束增材制造以及电弧增材制造；
- ②按照成型的材料种类，可分为金属增材制造和非金属增材制造，形式有粉末、液体及丝材。其中金属增材制造原材料包括钛合金、高温合金、铝合金、不锈钢、铜合金等，非金属增材制造中材料包括树脂、陶瓷、复合材料、塑料等；
- ③按照原材料形态和堆积工艺，可分为铺粉型、送粉型、送丝型、复合型等；
- ④按照增材制造后零件的状态，可分为近净成型和制坯。

表2 增材制造分类

分类方式	具体内容		
按照成型所采用热源的不同	激光增材制造、电子束增材制造、电弧增材制造		
按照成型材料分类	金属、非金属（高分子材料、陶瓷材料、石墨烯材料）		
按照材料形态分类	粉末、液体、丝材、片材等		
按照材料堆积工艺	铺粉型、送粉型、送丝型、复合型		
分类方式	工艺类型	工艺说明	原材料形式
按照增材制造工艺类型	粉末床选取融化（PBF）	通过热能选择性的熔化/烧结粉末床区域	粉末，主要以铺粉方式供给粉末
	定向能量沉积（DED）	利用聚焦热能将材料同步熔化沉积	粉末或金属丝，采用送粉或送丝方式供给原材料
	立体光固化（VPP）	通过光致聚合作用选择性的固化液态光敏聚合物	液态光敏树脂
	粘结剂喷射（BJT）	选择性喷射沉积液态粘结剂粘结粉末材料	粉末及液态粘结剂、交联剂
	材料挤出（MEX）	将材料通过喷嘴或孔口挤出	线材或膏体
	材料喷射（MJT）	将材料以微滴的形式按需喷射沉积	液态光敏树脂或熔融态的蜡
	薄片叠层（SHL）	将薄片材料逐层粘结以形成实物	片材

资料来源：华曙高科招股书等，中航证券研究所

1、航空航天增材制造技术的应用主要集中在金属增材制造技术领域

金属增材制造大多以钛合金，铝锂合金，超高强度钢等材料为主，金属增材制造技术已发展成提高航空航天设计与制造能力的核心技术，其应用范围也从零部件级扩展至整机级。

表3 航空航天领域用典型增材制造金属材料及其应用

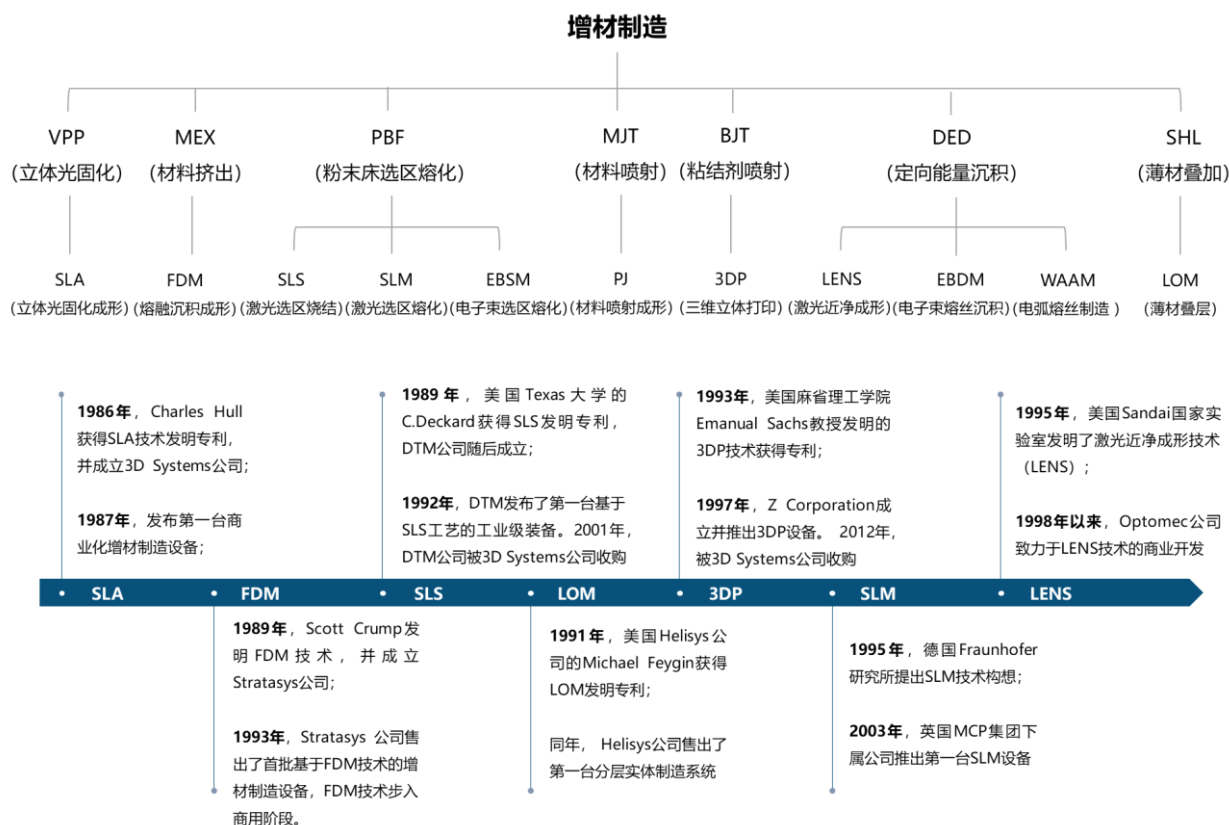
合金系	应用
铁基合金	火箭和导弹的发动机及铰链、紧固件、起落架等； 发动机和排气系统、液压件、热交换器、起落架系统和接头
镍基合金	涡轮发动机燃烧室、涡轮机、外壳、圆盘、叶片等，以及液体火箭发动机的阀门、涡轮机械、喷射器、点火器和歧管等
钴基合金	燃气轮机导向叶片和喷嘴
钛合金	起落架、轴承架、旋转机械、压缩机盘及叶片、低温推进剂罐等； 压缩机叶片和旋转机械； 涡轮叶片、整体叶盘等航空发动机部件，飞机主承载件；
铝合金	常用于要求减轻质量、降低成本的部件，如飞机机身件等
铜合金	常用于需要高导热性的高温件，如发动机燃烧室内衬等；
其他 (钨基合金、钼基合金、 钽基合金、铌基合金)	发动机的燃烧室、喷嘴、导向器、涡轮盘、尾喷口等； 在具有腐蚀性高压和超高温环境中应用的零部件； 飞行器热保护系统及空间反应堆堆芯结构等

资料来源：《航空航天领域用增材制造金属材料的研究进展》，中航证券研究所

2、定向能量沉积技术（DED）和粉末床选区熔化技术（PBF）在航空航天领域广泛应用

在当前七种主流增材制造技术中，虽然各技术之前存在一定差异，但每种技术都采用逐层叠加材料的方法制造物体。其中，定向能量沉积技术（DED）和粉末床熔融（PBF）在航空航天复杂精密零件、大型结构件等方面具有广泛应用，采用这两类工艺原理的金属 3D 打印技术都可以制造出达到锻件标准的金属零件。

图5 增材制造主流技术发展历程



资料来源：中国增材制造产业发展报告等，中航证券研究所整理

粉末床选区熔化技术是目前应用最广泛的 3D 打印技术，定向能量沉积技术在零部件修复方面具有优势。粉末床选区熔化技术能够打印极端复杂的结构，特别是复杂内腔结构，并且制件尺寸精度高，但存在打印效率稍低、难于打印大尺寸（米级）零件、增材材料成本较高等不足，因而适用于航空航天小批量、定制化生产需求；定向能量沉积技术在零部件修复方面具有优势，且具有打印尺度范围较大、能够实现多材料打印等特点，虽然其技术成熟度、设备自动化程度以及应用范围不如粉末床选区熔化技术，但其所具备的修复功能能够对大型零部件进行修复，快速恢复其性能。

表4 主流增材制造技术在航空航天领域应用

工艺类型	主要工艺技术	工艺特点	在航空航天领域的应用	应用材料
粉末床选区熔化 (PBF)	激光选区熔化 (SLM)	成形零件精度较高、力学性能较好，但成形效率较低，零件尺寸会受到铺粉工作箱的限制，不适合制造大型的整体零件	主要应用于小尺寸或中等尺寸复杂精密结构件，如航空发动机喷嘴、涡流器等复杂结构零件	金属
	电子束选区熔化 (EBSM)	在复杂结构及难熔合金制件的制造方面具有显著优势	发动机涡轮叶片、导向器、管路等复杂结构件等	金属
	激光选区烧结 (SLS)	成型材料种类广泛，可直接成形复杂构件、材料利用率高，但成型件的产品强度和表面光滑度略低于 SLM	功能部件、模具母模、铸造型壳和型芯等	非金属、金属

定向能量沉积 (DED)	激光近净成形 (LENS)	适用于梯度材料制备, 可实现多种材料的同时沉积, 成形件不需要或者只需少量加工即可使用, 还可用零部件的再制造, 但材料利用率较低, 零件存在内部孔隙、裂纹等缺陷	大型复杂构件成形与修复	金属
	电子束熔丝沉积 (EBDM)	成形效率高、真空环境材料冶金质量优、丝材成本低、可制造大尺寸结构件, 还可用于零件的修复	飞机翼梁、框梁、滑轨、滑轮架、起落架等重要承力件等	金属
	电弧熔丝增材制造 (WAAM)	设备及材料成本低、材料利用率高(接近100%)、沉积效率高、成形零件无尺寸限制	大型、中等复杂构件	金属
立体光固化 (VPP)	光固化成形 (SLA)	适合于中小型零部件, 成形件精度高、表面质量好, 但需手工去除支撑结构易破坏成形件的表面精度、材料种类较少、打印速度慢	零部件、模型	非金属
材料挤出 (FDM)	熔融沉积成形 (FDM)	成形材料种类多、打印设备成本低、材料利用率高、后处理简单, 成形件精度较低、力学性能较差	零部件、航空非结构件	非金属

资料来源:《航空装备电子束增材制造技术发展及路线图》、《航空装备电弧熔丝增材制造技术发展及路线规划图》、铂力特招股书等, 中航证券研究所

增材制造因其在零件的快速研制、快速验证和设计改进方面的独特优势, 在飞机、发动机等复杂结构的制造中得到了批量应用, 随着航空航天装备结构创新设计的增加以及新型材料的运用, 增加了高品质原材料制备难度、工艺控制技术、复杂结构的制造难度, 因此增材制造技术需要基于其在航空航天装备制造上的应用前景提前做好技术规划和布局, 推进增材制造技术在航空航天装备等重点制造领域的应用:

①相较于目前发展较快的激光选区熔化技术, 电弧熔丝增材制造技术(WAAM)在航空装备上实现工程化应用还有一定距离, 突破现阶段 WAAM 技术面临的专用材料创新不足、路径规划软件单一、成形过程在线监控及反馈控制不智能等技术瓶颈, 建立 WAAM 成形大型、中等复杂金属构件的尺寸精度-微观组织-力学性能-质量检测与分析的全流程工艺数据库, 实现金属构件精准“控形/控性”;

②激光增材制造方面, 需要突破材料制造缺陷、组织性能、力学性能控制关键技术, 掌握粉末设计与制备技术, 制定材料、工艺、检测标准, 建立工艺、性能数据库和冶金图谱;

③电子束增材增材制造方面, 需要突破设备核心元器件(高可靠长寿命电子枪)性能、专用丝材及粉末原材料的成分再设计、缺陷控制、后处理、组织及力学性能调控等关键技术, 建立组织性能数据库, 制定材料、工艺及检测标准。

图6 2035 年航空领域增材制造技术发展路线图



资料来源：《航空装备电弧熔丝增材制造技术发展及路线规划图》、《航空装备电子束增材制造技术发展及路线图》、《航空装备激光增材制造技术发展及路线图》，中航证券研究所整理

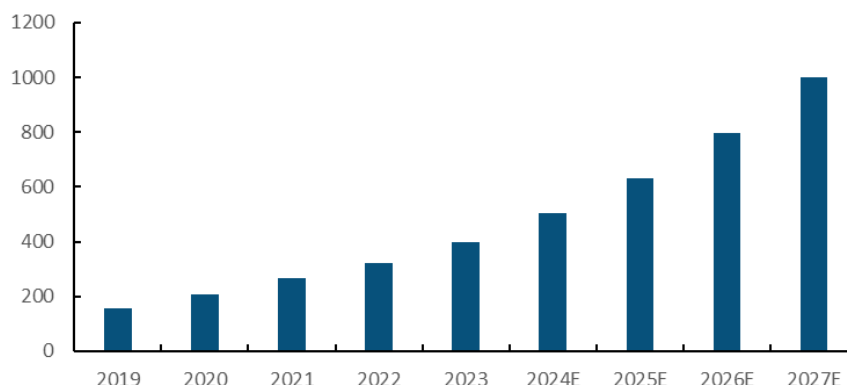
二、我国增材制造技术在航空航天领域应用现状

“产学研用”协同发展，产业链条不断完善。在国家发展规划的引导和政策的支持下，我国增材制造在基础研究、关键技术以及成果转化等方面，均实现了快速发展，推动原材料、关键零部件配套、装备研制、共性技术研发平台、应用领域等各环节都取得了明显进展。

我国增材制造行业成熟度显著提升，预计 2027 年市场规模达千亿级。随着我国增材制造技术的持续突破和产业生态的完善，增材制造技术从原型制造向终端制造迈进，产业规模从 2012 年的 10 亿元左右增长至 2023 年的 400 亿元，年均复合增长率超过 30%，据中国增材制造产业联盟副秘书长李方正在 2024 增材制造产业发展论坛表示，预计 2027 年将达到千亿级的市场规模。

预计 2027 年我国航空航天领域增材制造市场规模将达到 180 亿元。根据 Wohlers Report 2025 显示，2024 年全球增材制造行业的下游主要应用领域航空航天收入占比为 17.7%，假设增材制造在我国航空航天领域的应用比例在 2027 年达到 18%，预计 2027 年我国航空航天领域增材制造市场规模将达到 180 亿元。

图7 我国增材制造市场空间测算（单位：亿元）



资料来源：《增材制造白皮书》，南极熊 3D 打印，中航证券研究所整理

（一）应用端：增材制造应用范围扩大

航空航天是技术密集型产业，航空航天装备是国防力量的重要体现，也是新技术应用的重点方向。由于航空航天装备服役环境极端，对零部件的材料、结构、工艺和性能等提出了较为严苛的要求。随着增材制造技术的出现，以及近年来我国对其发展的支持，增材制造技术以其在轻量化高性能材料及结构一体化成形方面的优势，逐渐成为提升航空航天设计与制造能力的一项关键核心技术，为航空航天高性能零部件的设计与制造提供了新的工艺技术途径。

增材制造技术在航空航天领域的应用已由军机拓展至民机、无人机、卫星等领域，同时也为航空装备维修再制造提供了新方式。增材制造技术所具有的单件小批量复杂结构快速制造的优势，与航空航天产品加工方式所契合，在新一代战机、国产大飞机、新型火箭发动机等重点装备的铰链、支架、内部组件、发动机部件等关键核心零部件实现了工艺替代及应用，解决了传统技术难以制造的复杂结构零件的成形问题，其应用范围逐渐向终端零件制造、产品修复再制造、商业化应用等方面深化发展。

图8 增材制造在航空航天领域的应用及优势



资料来源：易加增材招股书，中航证券研究所整理

1、航空：实现复杂结构件制造，加速设计迭代

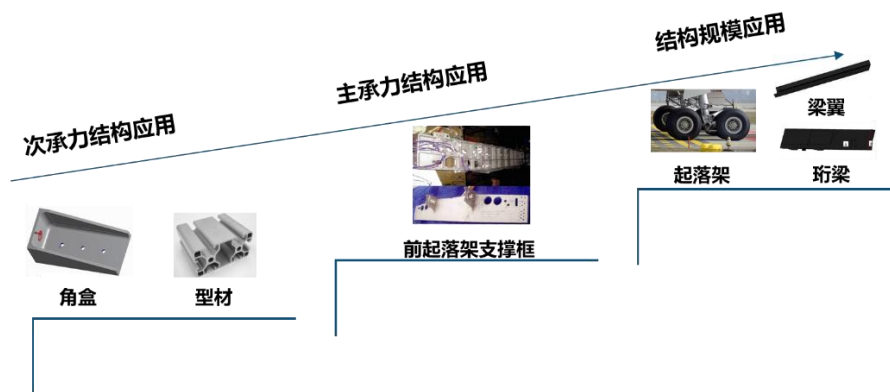
增材制造技术在航空领域应用经历了军机应用先行、发动机核心突破、到民机逐步渗透的发展路径，这一推进过程反映了与之对应的产业逻辑，即军机性能优于成本，发动机制造难度高，民机适航认证标准下对于安全性的要求。

(1) 军机：满足轻量化需求，3D 打印的零件尺寸逐渐增大

增材制造技术的一体化成型制造技术为军机减重开辟了新途径。航空工业作为国防建设的重要支撑，战机是空中作战体系中的重要组成部分，其作战性能和飞行安全与机体结构属性密不可分，在技术发展以及战争形态的转变下，战机的设计、制造也向着高性能、轻量化、长寿命、多功能、低成本、快速响应研制方向发展。而飞机结构复杂、零部件数量多且离散、连接复杂，大量的连接导致飞机超重，依靠精益设计、先进材料及工艺替换等方式减重已达到了“极限”，增材制造技术通过设计制造一体化技术为飞机结构创新提供了契机。与此同时，航空装备零部件的制造具有多品种、小批量、形态复杂等特性，运用增材制造技术能够实现零件制造高精度、高效化、复杂化的要求，弥补了航空装备某些零部件在生产过程中所面临的短板，已发展成为提升航空装备设计与制造能力的一项关键核心技术，推动了航空装备材料、设计与制造的变革和创新发展。

增材制造技术在军机结构件制造方面承担关键部件制造任务，应用程度逐渐加深，打印尺寸随之加大。起初，增材制造在航空领域的应用主要是集中在快速原型制造和设计验证方面，在航空装备设计阶段，通过增材制造技术能够快速将设计概念转化为实体原型，用于结构和功能的验证、装配适配性验证，同时便于设计师提早发现设计方面的不足，加速设计迭代周期。随着增材制造技术的成熟、工艺精度的提升、材料利用率提高等一系列技术的发展，增材制造在航空装备研制和生产过程中由快速制造原型样件向直接制造终端产品转变，经历由次承力结构装机应用、主承力结构飞行考核，到最终形成规模化应用能力三个重要阶段，应用覆盖面也从飞机框类、梁类、接头类及格栅类等机体结构件拓展到支座、异型导管等系统功能部件，打印尺寸也实现了从毫米级向数米级突破，增材制造技术应用方面也呈现出由零部件制造逐步向大部件制造拓展延伸的趋势，未来或将有更多的大尺寸部件通过 3D 打印实现。

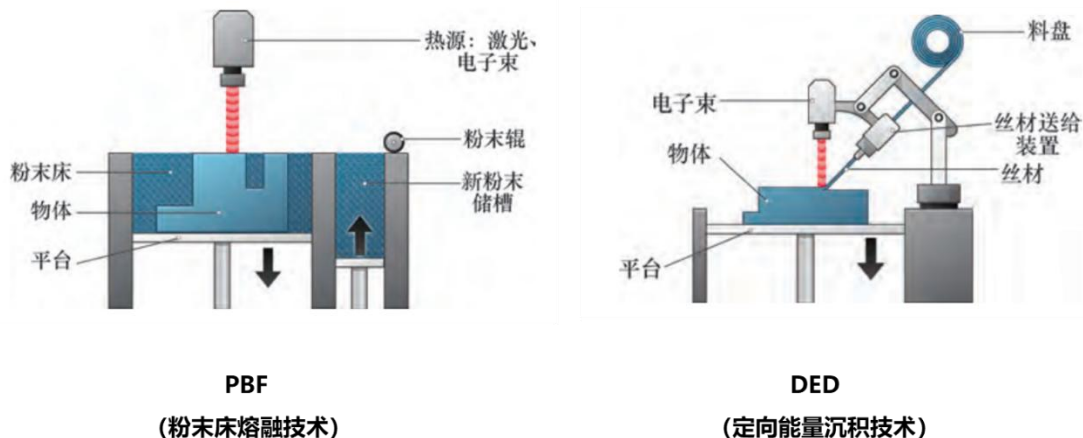
图9 增材制造技术在飞机结构上应用的三个重要阶段



资料来源：《增材技术在飞机结构研制中的应用》，中航证券研究所

从航空装备增材制造打印材料来看，钛合金、铝合金和镍基高温合金是 3D 打印金属材料中应用范围最广泛的，其中，钛合金主要应用于高强度、轻量化结构部件，铝合金主要应用于轻量化结构部件，镍基高温合金主要应用于高强度热端部件，以 PBF（粉末床熔融技术）和 DED（定向能量沉积技术）为主要加工技术；高分子材料主要应用于有耐冲击、耐热、阻燃性和抗老化性要求的部件，常用 SLS（选区激光烧结）技术进行加工。

图10 航空装备主要使用得增材制造工艺示意图



资料来源：《增材制造技术国内外应用与发展趋势》，中航证券研究所

整体来看，增材制造技术的发展为航空领域带来制造轻质、高性能零部件的能力，解决快速制造复杂零部件的问题，实现装备多功能化，但其在发展过程中面临着零件成本（高性能材料成本、后处理成本等）、质量一致性（性能稳定性）、生产速度（制造效率、制造产量）、行业标准规范体系建立等挑战。

军机作为航空装备中增材制造技术最早应用的领域，随着增材制造行业政策的完善、材料和技术的突破，其在航空领域应用范围也将愈加深入，带动航空装备性能和生产效率的提升。

（2）民机：推进增材制造件的适航取证是实现在民机规模应用的关键

增材制造技术在民机应用受制于适航认证。除了在军用飞机领域应用，增材制造具备的减重降本、快速响应等优势与民机制造目标相契合，但由于民用飞机适航审定的严格要求，新技术的产生和应用需要经历严苛的审查环节，增材制造在民机领域应用相较于军机领域面临更大的挑战。从国内来看，中国商飞不断推进增材制造技术在民用飞机型号上的应用，且已初步探索出民机增材制造适航认证思路，其中已有 39 件 3D 打印的钛合金构件成功装机于 C919，并通过 CAAC 适航认证。但增材制造作为新工艺和新技术，适航符合性表达还处在起步的阶段，材料许用值、设计值、疲劳及损伤容限性能数据还不够充足，行业各方需从原材料、工艺、装备、产品、适航等多个维度开展攻关，推动增材技术在适航认证方向进度。

增材制造技术的出现提高了大飞机的国产化率。通过 3D 打印的 C919 机头主风挡窗框从打印、热处理、性能测试、无损检验、数控加工、检测到运输交付的整个制造周期不足 55 天，重量只有约 20 斤，成本也不到锻造模具费用的十分之一，解决了只能交由欧洲公司锻造所带来成本高周期长的问题；此外，通过 3D 打印的 C919 钛合金中央翼缘条也是避免了向国外厂商采购的情况，这也是国产机型首次在设计验证阶段，利用 3D 打印技术制备承力部件。

图11 增材制造技术在 C919 的应用



资料来源：飞而康官网等，中航证券研究所

金属增材制造目前应用于民机次要结构件，未来将更多的替代锻铸件，非金属增材制造有望替代金属内饰件。目前，钛合金、高温合金等金属增材制造件已经在 C919 上实现装机，主要应用在客舱、登机门、尾翼等承力要求较为宽裕、对飞机安全性影响较小的部位。随着金属增材制造件性能和质量一致性的不断提升，金属增材制造在未来或将会更多地代替传统锻铸件，并在具有更高承力需求的承力构件上实现一体式集成设计、拓扑优化减重等关键目标；非金属增材制造件适合应用于非承力或次承力功能性内饰件，未来有望替代金属内饰件，在保证飞机结构强度、承力需求的前提下进一步实现民用航空降本减重的目标。

整体来看，增材制造技术的应用有助于民用飞机结构的快速设计迭代、减重降本增效，在民机产业具有较大的发展潜力。民机产业对于材料的性能和可靠性具有较高要求，作为新工艺的增材制造技术的应用需要满足适航审查认证，因此，探索并建立零件适航符合性验证路径是推进增材制造技术在民机领域实现产业化应用的关键。

根据以下假设条件，我们预计 C919 机体增材制造市场规模 2025 年、2026-2027 年、2028-2030 年分别约为 2.85-4.92 亿元、16.61-22.15 亿元、41.53-62.30 亿元。

- 我们在民机产业月报《国产民机产能提速在即，“出海”获得新进展》中预测的 2025 年、2026-2027 年、2028-2030 年 C919 交付数量以及价值量，按照 2024 年美元兑人民币平均汇率 7.1217 换算；
- 假设民机机体结构价值量占比为 36%；
- 假设增材制造在 C919 制造中的应用比例在上述三个时间点内分别为 3%、4%、5%。

表5 增材制造在 C919 的市场规模

项目	2025 年	2026-2027 年	2028-2030 年
交付量 (架)	34-59	150-200	300-450

总价值 (亿美元)	37-64	162-216	324-486
机体结构价值量占比	36%		
增材制造应用占比	3%	4%	5%
增材制造在 C919 应用市场规模 (亿元)	2.85-4.92	16.61-22.15	41.53-62.30

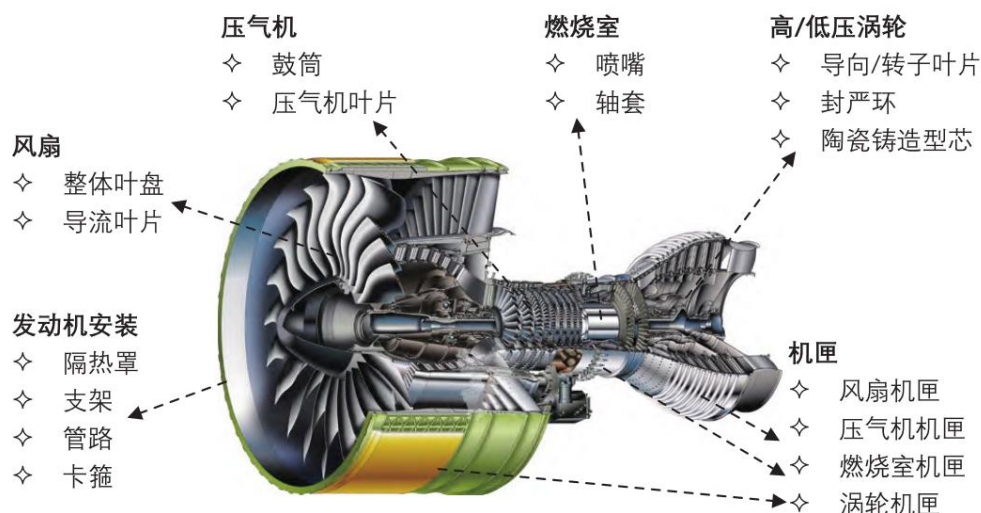
资料来源：中航证券研究所

(3) 发动机：实现复杂结构制造，减少零部件数量，解决材料难加工问题

增材制造技术以其独特的技术特性能够有效突破航空发动机制造过程中的关键瓶颈。航空发动机作为飞机的动力来源，其性能直接决定了飞机的整体性能，影响着飞机的飞行安全和效率。随着航空技术的不断进步，航空发动机的结构日益复杂，当前燃气涡轮发动机是航空发动机的主流类型，涵盖了 2 万-3 万个零部件，并且发动机零部件具有尺寸大且型面复杂、材料难加工、制造周期长、成本高等特点，增材制造技术在高精度、复杂结构制造等方面所展现的优势恰恰能够解决发动机零部件制造过程中遇到的难点，例如，采用增材制造技术，可使燃油喷嘴的加工周期由 6 周左右缩短至一周以内，涡流器的加工周期由一个月左右缩短至 3-5 天。

我国在利用增材制造技术进行航空发动机零部件修复、复杂零件直接制造等方面取得了一定成果。由于航空发动机工作时长处于高温高压的恶劣环境中，尤其是压气机叶片、涡轮叶片等关键核心部件，容易出现烧伤、裂纹、异物打伤等损伤，利用 3D 打印技术实现航空发动机关键零部件的快速、低成本再制造为航空发动机维修提供了新的思路，我国在此领域的研究取得了一定成果，如北京航空制造工程研究所成功修复了某加工超差的钛合金整体叶轮，并通过了试车考核；在零部件制造方面，我国增材制造技术已取得了一定的进步，在航空发动机燃油喷嘴、涡流器、涡轮叶片、传感器壳体、燃油控制系统壳体等复杂结构的制造中得到了应用，但大多数零部件制造仍处于基础研究及地面试验验证阶段。

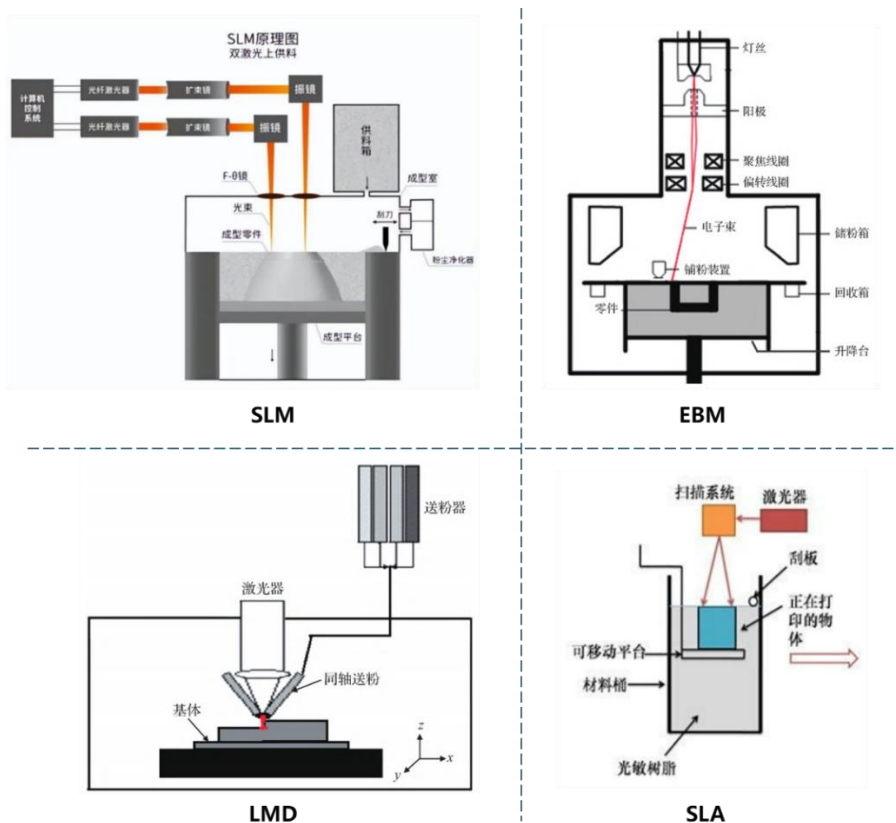
图12 航空发动机可应用 3D 打印制造的零部件



资料来源：《3D 打印在航空发动机制造中的应用》，中航证券研究所

航空发动机零部件主要采用高熔点金属材料、陶瓷材料等较难加工材料，从增材制造工艺方面来看，SLM（激光选区熔化）、SLA（立体光固化成形）、LMD（激光熔化沉积）、EBM（电子束熔炼技术）等成形工艺在航空发动机制造中取得了显著的研究进展。

图13 航空发动机主要使用的增材制造工艺示意图



资料来源：《金属增材制造技术在航空领域的应用现状及前景展望》，思瀚产业咨询，中航证券研究所

整体来看，我国航空发动机增材制造技术主要成果集中在高等院校和研究机构，尚未形成完整的产业链结构。未来随着零件的高度优化设计、新材料的不断开发和增材制造标准的继续完善，更多增材制造零部件将在航空发动机装机应用，不仅在航空发动机减重、缩短维修和制造周期、效能提升各方面颇具意义，或将成为推动下一代航空发动机实现突破的重要助力。增材制造在军用航空发动机的渗透率也将逐年提高，随着国产发动机在我国民用航空发动机上的应用，增材制造技术应用领域也将随之拓展。我们预计 2025 年至 2027 年发动机制造中增材制造市场规模约为 56 亿元-70 亿元。

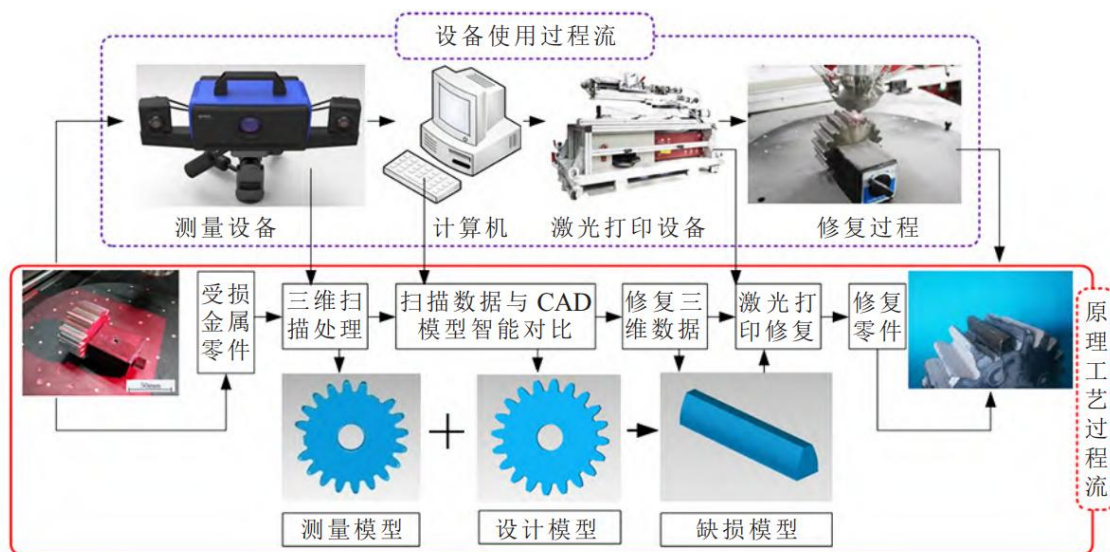
(4) 航空维修：节约维修成本，节省维修周期

增材制造技术为航空维修保障开辟了了数字化、定制化、高性能、短周期的新途径。随着航空领域的快速发展，武器装备构造逐步向高性能、复杂结构发展，越来越多的新材料、新结构和新技术应用于飞机制造过程中，对机载设备、机体结构的维修

保障能力提出了更高要求。同时，航空装备零部件具有多品种、小批量的特点，部分损伤位置与尺寸极端化，航空装备零件再制造更需要关注局部修复和局部再制造强化技术，增材制造技术为航空零件控形控性再制造提供了可行途径。

增材制造技术能够实现零部件高效率、低成本的再生制造。增材制造技术对装备损伤零件的修复首先对损伤零件进行三维测量，获取损伤零件的损伤模型；其次以损伤零件的原零件设计模型与损伤模型进行智能求差，获取损伤零件的缺损模型；最后使用增材修复设备，以损伤模型为打印修复数据源，在不破坏零件本体性能的前提下，对损伤零件进行性能修复与再制造，使零件再次达到使用要求。

图14 增材制造修复原理



资料来源：《增材制造技术在军事装备保障领域研究现状及展望》，中航证券研究所

增材制造技术在零部件表面涂层类修复以及形状尺寸超限类修复方面具有优势。零部件损伤可分为涂层类、内部材料强度类、形状尺寸超限类，在综合考虑修复周期和成本，使用增材制造技术修复表面涂层类和形状尺寸超限类损伤效果较好，修复后失效零部件各项性能指标基本可以恢复甚至超越原有性能，而对内部材料强度类损伤修复经济性较差，可采用增材制造方式新制零件进行更换。

表6 飞机零部件损伤情况及可修复性建议

损伤类别	损伤表现形式	可修复性及措施
表面涂层类	划伤、擦伤、浅表点蚀、氧化变色等	较强，增材修复
内部材料强度类	断裂、压裂、疲劳裂纹、剥离、缺损、分层、深度腐蚀烧蚀等	弱，增材新制
形状尺寸超限类	磨损、变形、卡滞、间隙超差、密封泄露、局部凹坑等	较强，增材修复

资料来源：《金属增材制造技术应用于军用飞机维修保障浅析》，中航证券研究所

增材在制造技术已从最初的发动机叶片损伤修复逐步发展到飞机框、梁、摇臂、支架、起落架活塞杆等各类零件的修复。增材再制造已成功应用于我国发动机机匣、

叶盘、叶轮等部位，利用此技术维修人员能够在不拆卸零部件，或将零部件运输回中央维护设施的情况下有针对性的进行修复。以高性能整体涡轮叶盘零件为例，当盘上的某一叶片受损时整个涡轮叶盘将报废，直接经济损失价值在百万之上，基于增材制造逐层制造的特点，维修人员只需在受损叶片部位进行激光立体成形，在快速恢复零件形状的同时性能满足使用要求，甚至是高于基材的使用性能，具有大幅缩短零部件维修周期、降低高价值备用件的库存量、满足不同零件个性化的修复需求等优势。

在众多增材制造技术中，冷喷涂增材制造技术以适用范围广、修复效果好的特点而被逐步形成产业化发展。冷喷涂增材制造技术具有应用材料广泛、喷涂工艺温度低、对材料热影响小、喷涂效率高等优势，其喷涂涂层所展现出来的抗腐蚀性、耐高温性、耐磨性等特性以及快速修复的能力已经在航空航天、武器装备等多个行业得到了应用。凭借高速和低温的特点，冷喷涂增材制造技术利用高速气体将喷涂粉末加速形成超音速射流喷向基体，最终形成沉积涂层，在此过程中低温喷涂方式对材料的热影响小，喷涂颗粒基本上没有氧化、烧损和晶粒长大现象，可用于温度敏感材料、氧化敏感材料和相变敏感材料，同时被修复结构件全程处于无氧化烧损和无打孔破坏的无损修复状态，能够快速恢复结构件的强度、提升可靠性和增加寿命。另外，据《冷喷涂技术的研究进展与应用》显示，利用冷喷涂技术修复海鹰直升机的零部件，与制造新的零部件相比能够节省 35%—50% 的成本。

表7 冷喷涂增材制造技术优势

技术优势	具体内容
热输入少	喷涂过程中粒子温度较低，整个过程中完全保持固体状态，因此即使在大气气氛下金属材料也不会发生相变以及化学反应，材料沉积过程中也不会产生较高的热应力，避免了工件在制备过程中发生显著的变形，适用于热敏感材料等。
应用材料广泛	冷喷涂可实现在大部分的金属基材料及一些有机材料基体上的喷涂沉积，如 Al、Ni、Ti、Mo、Ta 等金属及合金材料，WC-Co 等陶瓷材料，甚至塑料等。
加工后材料性能优越	由于粒子冲击基体的速度高，加工后的涂层孔隙率低，致密度可高达 98% 以上，具有良好的力学、热学、电学等性能，可用于制备一些高热导率、高电导率、防腐等涂层。另外，喷涂颗粒的夯实作用还增强了涂层与基体间的结合强度，可达到 100 MPa 以上。
沉积效率和沉积速率极高	冷喷涂技术对一般金属原材料的沉积效率可超过 90%，每小时可以沉积 40kg 以上的金属粉末，极大的提高生产效率。
加工工件尺寸不受限制	冷喷涂技术通过与高精度机械手结合后可实现大尺寸工件的表面修复和增材制造。
粉末利用率高	冷喷涂过程中未沉积的粉末在低温环境下不会发生物化性质变化，可通过回收继续使用，实现喷涂粉末的 100% 利用。
绿色环保	冷喷涂操作简便、安全无辐射、不污染环境，是一种绿色、环保、节能的喷涂技术。

资料来源：《先进冷喷涂技术的应用及展望》，《冷喷涂技术的研究进展与应用》，中航证券研究所

冷喷涂增材制造技术已在欧美成果应用于修复再制造领域，我国相关产业发展仍需追赶。近年来，冷喷涂增材制造技术已经在美国、欧洲、澳洲等发达国家和地区用于直升机、战斗机、轰炸机、潜艇等军事装备修复再制造领域，美国科珀斯克里斯蒂市陆军基地使用冷喷涂增材制造技术修复了 UH-60 “黑鹰”、AH-64 “阿帕奇” 及西科斯基 H-53 等军用飞机，使用冷喷涂增材制造技术对铝铸件及检修面板进行维修，延长了美国空军 F-18 战斗机和 B1-B 轰炸机等飞机的使用寿命；欧洲运用冷喷涂工艺进行狂风战斗机的修复，欧洲航天局也资助爱尔兰都柏林三一学院进行冷喷涂应用于金属零部件的增材制造研究；澳大利亚 ASC 造船厂亦计划与国防材料研究中心以及联邦科学与工业研究组织合作采用冷喷涂增材制造技术维修 “柯林斯” 级潜艇。由于我国冷喷涂技术工业应用领域起步相对较晚，与先进国家相比仍存在较大差距，尚未形成完整的产业体系，冷喷涂增材制造技术的应用广度和深度有待提高。

随着我国军机的规模列装和实战训练将带动维修再制造市场的快速增长，进而带动增材制造技术在其中应用比例的持续提升。

2、航天：满足快速制造、可复用性、经济性要求

(1) 商业航天（卫星+火箭）：实现快速制造，提高经济性

商业航天政策支持力度逐渐提高，商业航天发展提速。商业航天产业可分为火箭和卫星两大产业板块，近年来，从全球首枚液氧/甲烷火箭朱雀二号的升空，到我国平板式卫星堆叠发射的低轨卫星互联网星座千帆星座的首批卫星发射，以及海南商业航天发射场的落成，我国商业航天产业快速发展。

不同于传统航天注重基础建设和前沿探索，商业航天注重价值实现和发展的可持续性，追求商业利益，降低成本、快速制造是商业航天可持续发展的关键，增材制造技术的应用能够实现航天器异形结构制造、提高零件性能、加快制造测试和迭代速度。此外，有限的空天资源是各国商业航天企业所争抢的关键，这意味着短时间内或将发射大量卫星，这就需要更大载荷的火箭，增材制造技术通过优化设计和材料选择，以及一体化成型减少零件数量，达到减轻自重的效果，从而增加卫星数量、提高有效载荷重量，提高经济性。

增材制造技术越来越多地应用于商业航天制造中。以液体火箭为例，3D 打印技术已应用于发动机头部喷注器、发动机推力室、贮箱、涡轮泵、功能结构一体化支架等结构复杂件、压力容器件、高速转动零件等关键零部件的生产制造。增材制造技术中 SLM 和 WAAM 在商业航天中得到了应用，其中 SLM 技术应用最为广泛，特别适用于薄壁内流道复杂产品的快速制造，能解决火箭发动机零件的快速制造问题，而 WAAM 技术适用于大型贮箱结构的制造。

表8 3D 打印在商业航天中的应用

公司	火箭/发动机型号	3D 打印应用
----	----------	---------

星际荣耀	百吨级液氧甲烷火箭发动机“JD-2”	多个管路类和涡轮泵类零件
蓝箭航天	朱雀二号遥二运载火箭	引入增材制造思维，对零件结构进行了优化设计，减轻了零件重量
东方空间	引力一号运载火箭	主捆绑相关零件，属于尺寸大、易变形的异形结构零件
宇航推进	沧龙一号液体火箭发动机	推力室和全尺寸涡轮泵零组件
航天科技集团六院	130 吨级重复使用液氧煤油补燃循环发动机	发动机部分零组件

资料来源：《3D 打印与航天研发与制造业白皮书》，中航证券研究所

从增材制造技术在商业航天具体应用来看，卫星方面，千乘一号作为目前尺寸最大的通过增材制造技术一体成形的卫星结构，采用三维点阵结构方法设计，配合铝合金增材制造技术，整星结构重量占比降低至 15% 以内（传统微小卫星结构重量占比约为 20%），频率提高至 110Hz（传统微小卫星整星频率约为 70Hz），整星结构零部件数量缩减为 5 件，设计及制备周期缩短至 1 个月。此方法除了应用于卫星整星结构设计制造，还应用于相变储能热控结构与有效载荷支架结构，实现了结构减重 30%-60%。

火箭制造方面，作为国内早期将 3D 打印技术作为发动机生产工艺的火箭研制公司，深蓝航天在产品之初就采取了增材设计思维，其自行研制的雷霆-5 发动机全机 85% 重量的零件都由 3D 打印技术制造；星河动力研制的“苍穹”液氧煤油发动机（CQ-50）80% 以上的零部件采用了 3D 打印，具备每年 200 台以上生产能力，满足火箭批产需求，此型针栓式发动机具备深度变推、可重复使用及多次起动能力，是国内外航天领域公认的重复使用火箭发动机的最佳途径之一。

近年来，商业航天对于航天器可重复使用、轻量化及长时间服役等方面提出了更高的要求，增材制造技术在一体化、模块化和轻量化等方面的优势也有助于获得新的发展机遇。随着商业航天进入黄金发展期，将催生出更多增材制造技术应用需求，以及对打印更大尺寸、更复杂部件的需求，此外，越来越多卫星发射成功也将催生对于卫星在轨制造与维修的需求，牵引出对微重力环境下太空增材制造技术的探索。

根据以下假设条件，我们预计 2027 年增材制造在商业航天的市场规模累计约为 21 亿元。

卫星方面，截至 2027 年增材制造在卫星结构件制造领域的市场规模累计约为 2.21 亿元：

- 根据国际电信联盟（ITU）卫星频率及轨道使用权采用“先登先占”原则，提交申请后的 7 年内必须发射第一颗卫星，9 年内必须发射总数的 10%，12 年内必须发射总数的 50%，14 年内必须全部发射完成。我国已经提出巨型卫星星座计划的 GW、“千帆”星座以及鸿鹄星座，其计划提出时间分别为 2020 年、2023 年和 2024 年，假设 2027 年分别完成发射总数的 4.5%、2% 和 1.5%；
- 假设卫星制造成本为 3500 万元/颗；
- 假设卫星结构件价值量占比为 6%；
- 假设 2025 年和 2026 年增材制造在卫星制造中应用比例为 9%，2027 年为 10%。

火箭方面，截至 2027 年增材制造在火箭箭体及其他结构件，以及发动机领域市

场规模累计约为 18.37 亿元:

- 从 GW 往期发射中可以看出, GW 较常采取一箭 9 星或 10 星的发射方式, 假设 2025 年至 2026 年一箭 9 星和一箭 10 星发射方式分别为 50%; 2027 年一箭 10 星和一箭 18 星发射方式分别为 50%;
- 千帆星座目前采取一箭 18 星的发射方式, 未来预计采取一箭 36 星发射方式, 假设 2026 年 50% 的发射次数采取一箭 36 星方式, 2027 年全部采取一箭 36 星方式;
- 假设鸿鹄星座采取一箭 18 星的发射方式;
- 假设火箭制造成本为 1.85 亿元;
- 假设 2025 年和 2026 年增材制造在火箭箭体及其他结构件应用比例为 1%, 2027 年为 1.2%;
- 假设单发火箭需要 9 台发动机;
- 假设增材制造在发动机的价值量为 250 万元/台。

表9 增材制造在商业航天市场规模

		2025E	2026E	2027E
卫星制造	新增卫星数量(颗)	214	316	460
	累计卫星数量(颗)	278	594	1,054
	卫星单价(亿元)	0.35		
	卫星制造新增市场空间(亿元)	75	111	161
	卫星制造累计市场空间(亿元)	97	208	369
	假设卫星结构件价值量占比	6%		
	假设增材制造应用比例	9%	9%	10%
	增材制造新增市场空间(亿元)	0.40	0.60	0.97
	增材制造累计市场空间(亿元)	0.53	1.12	2.21
火箭制造	发射卫星合计需要火箭数量(发)	4	18	25
	火箭制造成本(亿元)	1.85		
	火箭制造市场空间(亿元)	33.30	46.25	51.80
	增材制造在火箭箭体及其他结构件应用比例	1%	1%	1.2%
	单发火箭需要发动机数量(台)	9		
	增材制造在发动机价值量(亿元/台)	0.025		
	增材制造新增市场空间(亿元)	4.38	6.09	6.92
	增材制造累计市场空间(亿元)	5.36	11.44	18.37

资料来源: 财联社, 《中航证券航天产业 6 月月报》, 中航证券研究所整理

(2) 导弹: 轻量化优势使导弹飞的更快、更远

“成熟型号装备的消耗性补充”、“新型号装备的定型量产”以及军贸驱动我国导弹需求。导弹作为具有射程远、速度快、精度高、威力大等特点的精确制导武器, 在近年来的战争和冲突中发挥了重要作用, 对国家安全具有重大的战略意义。在我国

军队全面加强练兵备战工作、加大实战化演习背景驱动下，导弹作为现代化军队不可或缺的消耗性武器装备，其需求有望保持稳定且持续的增长。此外，近几次信息化战争中，导弹所具备的高效费比得到了突出体现，在实战验证、性价比优势的加持下，我国导弹的军贸属性已然开启。

增材制造能够减轻导弹重量，降低成本和时间周期。在导弹研发和制造方面，3D打印独特的轻量化制造特点能够提升导弹的使用效益，相较于传统制造方法，不仅能够大幅减轻导弹重量，还具有降低成本、缩短导弹零部件的设计和迭代周期、提高生产效率的优势。特别是对于导弹这类对重量极为敏感的武器装备来说，**减重意味着更远的射程、更高的速度和更灵活的机动性。**

根据以下假设条件，我们预计 2027 年增材制造在导弹制造领域的市场规模约为 1.34 亿元：

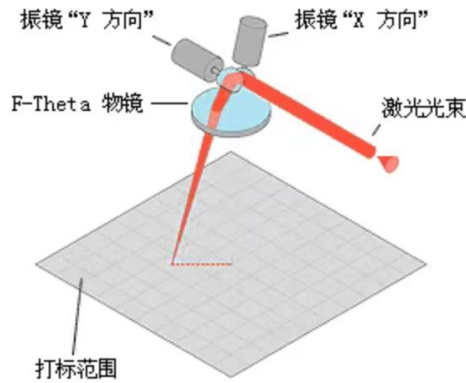
- 2025 年我国军费预算为 17846.65 亿元，假设我国军费每年增速为 7%；
- 假设 2027 年我国军费中装备费占比 47%；
- 参考 2025 年美国导弹和弹药申请经费占全部武器装备系统采办经费的 9.6%，假设我国导弹方面军费在装备费占比为 7%；
- 假设弹体结构在导弹中价值量占比为 20%；
- 假设增材制造在导弹中应用比例为 1%。

（二）装备端：龙头企业打印设备已达到国际先进水平，核心器件自主可控程度亟需提高

增材制造设备打印零件尺寸逐渐增加。随着增材制造技术在航空航天领域应用范围的不断拓展，带动 3D 打印设备制造技术快速发展，行业内龙头企业技术水平已达到国际先进水平。随着航空航天装备对于轻量化、整体化零部件需求的提升，牵引着增材制造设备向着打印大尺寸零件方向迈进，突破了传统加工方式在尺寸上的限制，实现大型构件的“无缝”制造。

但从 3D 打印设备制造领域具体来看，打印头、激光器、长寿命电子枪、扫描振镜、微滴喷头、精密光学器件等核心部件的性能和质量对于 3D 打印设备的打印精度、打印效率以及设备稳定性等方面发挥了举足轻重的作用。例如，电子枪通过发射、形成和会聚电子束为增材制造提供能量源，是电子束增材制造设备的核心部件；在激光增材制造设备中，激光器和振镜作为两个关键部件分别承担着提供能量和控制激光扫描路径的重要作用。但当前，我国高端增材制造设备的核心元器件及关键零部件对进口依赖程度较高，以德国、美国产品为主，虽然我国部分激光器及扫描器件已完成自主研制，但技术成熟度及稳定性与国外产品还存在一定的差距，因此，在航空航天领域配套应用规模较小，质量与可靠性还有待提高。

图15 振镜工作原理



资料来源：南极熊 3D 打印，中航证券研究所

产业化进程推动打印设备核心器件国产化进程，打印设备智能化是提高零部件质量和批产效率的有效手段。整体来看，虽然当前我国增材制造设备核心器件的自主化程度有待提升，零件数模切片、扫描路径规划、实时监测控制软件研发能力存在欠缺，但随着增材制造技术关注度日益提升，应用规模的深入以及技术的成熟将助推核心器件国产化进程加速。此外，增材制造设备的智能化，包括在线监测、参数自整定控制等功能对于增材制造的自动化水平和批量化生产具有重要意义，也将是行业未来关注的重要方向，例如，航天增材公司通过“5G+工业互联网”增材制造智能产线，实现无人操作高效清粉、自动打磨与设备全周期健康监控，降低成本的同时提高了生产效率。

根据《增材制造白皮书》显示的 2023 年中国增材制造产业细分领域营收占比来看，设备类最高，占比为 55%，假设设备占比保持不变，同时假设增材制造在我国航空航天领域的应用比例在 2027 年达到 18%，预计 2027 年我国航空航天领域增材制造设备端的市场规模将达到约 99 亿元。增材制造设备打印零件尺寸逐渐增加。

（三）材料端：我国已研发出近百种牌号专用材料，粉末批次稳定性有待提高

材料是航空航天装备发展的物质基础和先决要素，高性能装备对于材料性能也具有较高要求。从增材制造方面来看，不同的打印技术对材料的要求有所差异，打印材料可以分为金属材料和非金属材料，前者主要使用金属粉末，后者主要使用高分子粉末、非金属丝材等。当前，我国已经开发出钛合金、高强钢、尼龙粉末、碳纤维复合材料等近百种牌号专用材料，材料种类逐渐丰富，品质和性能稳定性也逐步提升。

表10 航空航天领域用增材制造材料特点

原材料类别	特性
金属粉末	强度高、耐腐蚀性好、耐热性高、机械性能优异

高分子粉末	耐高温、耐腐蚀、阻燃性和力学性能好
丝材	相对粉材来说加工难度更小，但在金属材料中应用较少

资料来源：AMF 增材制造前沿，中航证券研究所

材料制备技术复杂致增材制造原材料种类较少且成本较高。但相较于传统材料的直接加工，3D 打印材料需要进行二次加工，为了保证原材料能够完成较好的熔融烧结并逐层堆积，3D 打印通常需要对所使用的材料成份进行设计调整，如粉末的含氧量、流动性、粒度等都有不同要求，因此导致 3D 打印新材料研发成本较高，材料种类也相对有限。以金属打印材料为例，随着金属 3D 打印零件生产量的增加，市场上金属粉末材料种类偏少、专用化程度不够、供给不足的弊端也日益显现，其潜在的缺乏高品质、无缺陷的金属粉末问题也愈发明显。

我国 3D 打印材料行业处于发展期，对增材制造使用的传统材料和新材料的组织、性能、缺陷、应力变形发展规律的研究不深入，导致增材制造件的控性控形工艺开发效果不佳。此外，对于粉末、丝材原材料和增材制造工艺过程的质量控制以及制件性能评价研究不充分，导致相关材料规范、工艺标准、检测方法、产品技术标准的缺失，影响其产业化进程。而当前，我国虽有较多 3D 打印材料相关企业，但业务聚焦度有待提高，尚未形成明显的龙头效应，3D 打印材料国产化进程仍需提速。

根据《增材制造白皮书》显示的 2023 年中国增材制造产业细分领域营收占比来看，材料端占比为 16%，假设占比保持不变，同时假设增材制造在我国航空航天领域的应用比例在 2027 年达到 18%，预计 2027 年我国航空航天领域增材制造材料端的市场规模将达到约 29 亿元。

三、增材制造在航空航天领域发展趋势

材制造技术在航空航天领域应用范围持续扩大，解决了航空航天领域传统制造工艺的“卡脖子”问题，通过大范围零件整合进行集成化制造，实现轻量化、高强度组件制造，提高装备可靠性的同时降低燃料消耗，提高附加效益。

对于增材制造在航空航天领域的发展方向可以关注：

（一）产业成熟度提升，产能增加、成本下降，带动需求增加

我国增材制造行业进入快速成长期，产能规模持续增加，在规模化效应和工艺创新下行业成本将有所下降，推动增材制造技术应用深度和广度的提升，带动行业需求的增加，推动技术、成本、需求形成正向循环。

综合来看，打印工艺和产品质量的优化加强是支撑增材制造技术规模化应用的基础，而在提高军费使用效率，国家低成本材料要求下，进一步提高打印效率、降低打印成本，是增强增材制造技术竞争力和提高产业化应用渗透率的关键。

（二）增材制造技术由军品向民用领域拓展

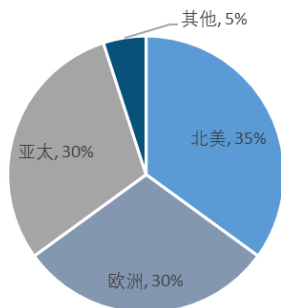
钛合金为增材制造进入电子消费领域提供切入点。随着增材制造行业的成本控制、规模化生产、产品品控、技术水平等要求的日臻成熟，其在民用领域也得到了快速拓展，市场空间逐步释放。以 3D 打印钛合金在 3C 领域民用化为例，其引领了行业技术迭代的浪潮，具有较大的市场增量空间，具体来看，荣耀 Magic V2 折叠屏手机通过采用 3D 打印技术将钛合金零件首次大规模应用于手机端，其主要应用于折叠屏卷轴器件，以降低折叠屏整体厚度和重量；OPPO 折叠屏旗舰 Find N5，采用了 3D 打印技术中的选区激光熔化(SLM)技术打印钛合金铰链，来提升铰链的精密性等。近年来，折叠屏手机趋势明显，叠加钛合金所带来的轻薄优势，有望推动增材制造技术新增长。

军技民用除了带动行业技术革新，也为参与军品业务的企业在民用领域开辟了一条新的发展路径，拓宽其成长空间。随着行业成本的持续降低，以及民用应用场景的逐渐开发，增材制造技术有望孕育出新的应用领域，持续打开市场天花板。

（三）我国增材制造设备以价格优势拓展海外市场

全球增材制造市场基本形成了欧美主导，亚太追赶的态势。美国作为技术发源地，拥有最完整的产业链，欧洲在金属增材制造领域技术领先，亚太地区快速增长，其中中国贡献了较大占比的市场增量。

图16 2024 年全球增材制造市场份额占比



资料来源：中研普华研究院，中航证券研究所

我国增材制造龙头企业以价格优势拓展海外市场。随着我国增材制造产业的创新突破和快速发展，已初步建立了从 3D 打印金属材料、工艺、装备技术到产业化应用的全链条技术创新体系，我国在高性能复杂大型金属承力构件增材制造等关键技术领域已达到国际先进水平，龙头企业已经能够自主研发并生产具有国际竞争力的增材制造设备，并出口海外。

我国增材制造设备已实现国产化，核心器件需要较长时间的使用检验。我国增材制造设备成形尺寸、成形效率、智能化水平等优于国外装备，整体稳定性程度也越来越好。装备专用软件、激光器、扫描振镜等核心器件等也已实现国产，但仍需要进行长时间应用验证、迭代提升。

（四）应用领域扩大，从单领域到多领域、从制造到维修

当前，增材制造技术在航空航天领域的应用范围逐渐扩大，从飞机及发动机，拓展至无人机、火箭、卫星等更多航空航天领域，并将在太空制造、新型空天装备等研究中提供重要支撑。

“十四五”武器装备规模列装为增材制造技术维修市场打开空间。“十四五”以来武器装备的大规模批产列装，航空航天装备长时间服役后零部件会出现多种形式的损伤，部分损伤位置与尺寸比较极端，通过增材制造技术可实现现场对航空航天装备的维修，不仅大幅节约成本，还为航空航天装备持续作战能力提供了保障。

（五）打印设备及产线智能化、打印材料功能化将推动 3D 打印发展

1、3D 打印设备及产线向智能化迈进

随着增材制造技术在航空航天领域产业化进行的推进，智能化设备是提高零部件质量和批产效率的有效手段，通过将大数据和人工智能等先进技术融入增材制造生态系统中，实现在制造过程中能够自动修正相应的参数，打造具有自我采集、自我建模、自我诊断、自我学习和自我决策能力的智能增材制造设备。

同时，为了实现增材制造规模化应用，通过将 5G+工业互联网融入增材制造产线，实现打印全流程自动化运行控制以及设备、生产过程、工艺数据的采集与集中管理，提升增材制造产品生产效率和产品质量一致性。

2、智能材料与结构推动新技术 4D 打印发展

3D 打印在航空航天装备制造中展现出了较大的创造力，随着科技的发展，通过将智能材料应用于 3D 打印过程中，成型件在外界环境激励下的形状、性能和功能会随时间发生可控变化，拥有了第四个维度—时间，也就是 4D 打印，而其中智能材料作为关键，通常采用形状记忆凝胶、形状记忆陶瓷、形状记忆合金和形状记忆聚合物。

4D 打印在航空航天领域具有较大的应用潜力，如制造具有自适应能力的航空部件，采用 4D 打印的飞机机翼的蒙皮，当飞机处于不同的飞行高度和速度时，机翼蒙皮能够根据空气动力学的变化自动调整形状，优化机翼的升力和阻力，从而降低燃油消耗，提高飞行效率；在太空领域，4D 打印在可折叠结构上的应用具有较大优势，进入太空后，可折叠部件在特定的环境刺激下自动展开并组装成所需的形状，如太阳能电池板、天线等，2021 年我国发射的“天问一号”探测器借助形状记忆聚合物结构将中国国旗可控动态展开，使我国成为世界上首个将形状记忆聚合物智能结构应用于深空探测工程的国家。未来随着对 4D 打印材料制备技术的突破、打印工艺的改善以及

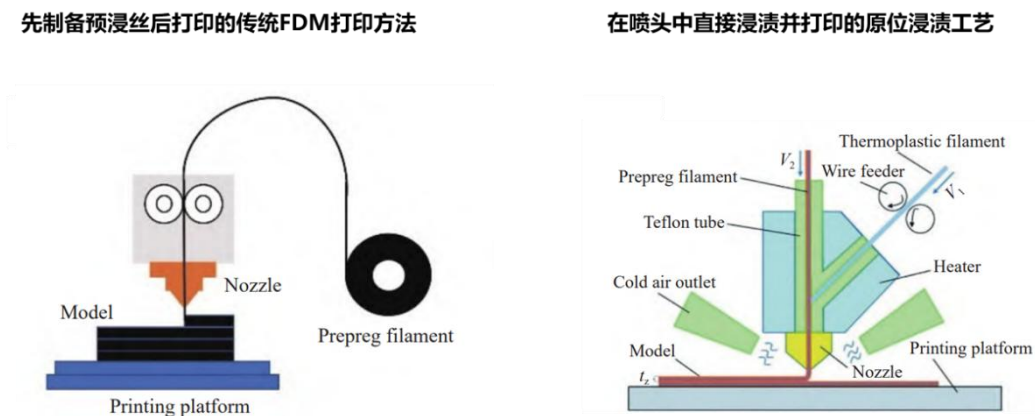
打印设备的优化，推动航空航天制造模式的升级和转型。

(六) 3D 打印复合材料成为研究热点

增材制造能够在最大程度上满足复合材料的可设计性。复合材料的应用对减轻航空航天飞行器质量、提高飞行性能至关重要，当前复合材料已经大规模应用于航空航天器，随着复合材料构件不断向大型化、整体化、复杂化方向发展，传统成型工艺存在复杂结构成型困难、需要开发模具影响进度等情况，增材制造技术的应用可以实现多材料、多尺度、多功能以及复杂形状复合材料结构制造，还为复合材料的低成本快速制造提供了可能性，此外，增材制造技术还可以通过控制各材料的配比来提高产品的性能。

3D 打印短纤维复合材料技术较为成熟，连续纤维增强复合材料处于发展阶段。纤维增强复合材料作为 3D 打印中应用最广泛的复合材料，其发展可分为短切纤维增强复合材料和连续纤维增强复合材料两个阶段，当前，短纤维复合材料打印技术较为成熟，但由于传统制造工艺的限制，连续纤维增强复合材料依然无法应用于一些复杂构型结构，3D 打印技术的应用将实现连续纤维增强复合材料在复杂构型结构中的应用，提高零部件的力学性能，但此技术目前尚处于研究初期，熔融沉积成型（FDM）技术由于生产效率高且成本相对较低，在连续纤维增强复合材料增材制造中应用较为广泛。

图17 FDM 制备复合材料原理图



资料来源：《增材制造用碳纤维预浸料制备技术研究进展》，中航证券研究所整理

四、产业链公司

当前，我国 3D 打印业务相关上市企业相对较少，业务涉及航空航天领域的上市公司仅有铂力特、华曙高科、超卓航科、光韵达、东方钨业、天工股份、钢研纳克下属企业钢研极光、有研粉材控股子公司有研增材，行业主要由中小型企业组成，产业链发展迅速但成熟度有待提高。

从增材制造产业链具体来看：

1、打印材料技术突破，专业增材制造原材料制造商持续深耕工艺创新，传统材料制造企业向增材制造原材料方向延伸。增材制造对专用粉材性能指标要求较高，可打印材料种类有限，随着粉末制备工艺的不断升级将探索出更多材料的可行性和性能性，叠加材料国产份额的提升，将有效降低材料成本。在此期间，除了专业增材制造原材料制造商持续深耕材料工艺突破和技术创新，也有以传统材料研发制造为主的企业向增材制造原材料方向拓展业务，完善业务布局，如钛合金制造企业宝钛股份于2024年投资建设钛合金3D打印中试产线建设项目，项目建成后将新增钛及钛合金粉末制造能力及打印能力。

2、打印设备是增材制造产业链核心主体，产业链企业或继续聚焦打印设备研发制造，或向覆盖全产业链业务领域拓展。增材制造设备价值量占比较高，打印设备的可靠性、稳定性、一致性是保障其在航空航天领域规模化应用的前提，推动增材制造技术迭代和持续升级。随着航空航天对复杂结构零部件以及大型构件制造需求的增加，增材制造设备多激光大尺寸化正成为行业发展趋势。行业内的企业一般有两种发展路径，一种是继续专注于打印设备研发制造，同时涵盖材料研发业务；另一种是由打印设备向产业链上下游延伸，打造“材料+设备+服务”的一站式业务格局。

3、打印服务是产业链价值实现环节，产业链企业或仅提供打印服务，或参与客户产品设计，提供一站式决解方案。增材制造服务是技术落地的关键载体，有效连接了上游的材料、设备供应商与下游的终端应用领域。增材制造服务提供商一般有两种业务模式，一种是不参与客户产品设计，仅执行打印服务；一种是提供增材制造技术解决方案，了解客户需求，参与客户产品设计，提供更优化的3D设计和打印服务。

图18 增材制造在航空航天产业链公司



资料来源：中航证券研究所整理

五、投资逻辑

航空航天领域是增材制造重要的下游应用领域，具有较强的适配性，当前处于产业化阶段的快速成长期，具体体现在：

- 1、在先进的航空航天武器装备中，增材制造技术发展正从“配角”变为“主角”，从“可选”变为“必选”，应用渗透率、价值量占比快速提升；
- 2、新一代军用飞机、航天防务装备、民机以及商业航天等领域正在进入快速批产阶段，将带动增材制造市场的快速提升；
- 3、随着航空航天增材制造的技术积累，成本效率的提升，将打开民用端“第二增长曲线”；
- 4、随着国内航空航天金属 3D 打印服务能力建设的不断完善，未来增材制造“出口”逻辑也将更加通顺；
- 5、更多的需求应用，将加速增材制造技术发展迭代，在替代传统减材制造的趋势

与渗透率提升将更加明显。

在航空航天领域需求持续放量的基础上，增材制造已经完成了从 0 到 1 的突破，未来将进行从 1 到 N 的拓展，应用场景更加丰富，结构分布也或有变化。对于产业链投资逻辑，我们认为可关注：

1、我国增材制造领域尚未形成垄断格局，高端金属粉末、振镜及激光器等核心部件仍依赖进口，国产产品的技术成熟度、长期稳定性相比进口产品还存在一定的差距，可关注具备较快实现国产替代能力的企业；

2、随着航空装备对维修需求的增加，增材制造应用的深度和广度将进一步扩大，可关注与下游客户技术、服务绑定紧密的企业。

六、风险提示

- ① 增材制造产业发展进度不及预期风险；
- ② 市场竞争加剧风险；
- ③ 增材制造装备关键核心器件依赖进口的风险；
- ④ 增材制造下游应用拓展不及预期风险；
- ⑤ 宏观环境风险等。

公司的投资评级如下:

买入: 未来六个月的投资收益相对沪深 300 指数涨幅 10%以上。

增持: 未来六个月的投资收益相对沪深 300 指数涨幅 5%~10%之间。

持有: 未来六个月的投资收益相对沪深 300 指数涨幅-10%~+5%之间。

卖出: 未来六个月的投资收益相对沪深 300 指数跌幅 10%以上。

行业的投资评级如下:

增持: 未来六个月行业增长水平高于同期沪深 300 指数。

中性: 未来六个月行业增长水平与同期沪深 300 指数相若。

减持: 未来六个月行业增长水平低于同期沪深 300 指数。

研究团队介绍汇总:

中航证券军工团队: 资本市场大型军工行业研究团队, 依托于中国航空工业集团强大的军工央企股东优势, 以军工品质从事军工研究, 以军工研究服务军工行业, 力争前瞻、深度、系统、全面, 覆盖军工行业各个领域, 服务一二级资本市场, 同军工行业的监管机构、产业方、资本方等皆形成良好互动和深度合作。

销售团队:

陈艺丹, 18611188969, chenyd@avicsec.com, S0640125020003

李裕洪, 18674857775, liyuq@avicsec.com, S0640119010012

李友琳, 18665808487, liyoul@avicsec.com, S0640521050001

李若熙, 17611619787, lirx@avicsec.com, S0640123060013

分析师承诺:

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师, 再次申明, 本报告清晰、准确地反映了分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

风险提示: 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证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

免责声明:

本报告由中航证券有限公司(已具备中国证券监督管理委员会批准的证券投资咨询业务资格)制作。本报告并非针对意图送发或为任何就送发、发布、可得到或使用本报告而使中航证券有限公司及其关联公司违反当地的法律或法规或可致使中航证券受制于法律或法规的任何地区、国家或其它管辖区域的公民或居民。除非另有显示, 否则此报告中的材料的版权属于中航证券。未经中航证券事先书面授权, 不得更改或以任何方式发送、复印本报告的材料、内容或其复本给予任何其他人。未经授权的转载, 本公司不承担任何转载责任。

本报告所载的资料、工具及材料只提供给阁下作参考之用, 并非作为或被视为出售或购买或认购证券或其他金融票据的邀请或向他人作出邀请。中航证券未有采取行动以确保于本报告中所指的证券适合个别的投资者。本报告的内容并不构成对任何人的投资建议, 而中航证券不会因接受本报告而视他们为客户。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被中航证券认为可靠, 但中航证券并不能担保其准确性或完整性。中航证券不对因使用本报告的材料而引致的损失负任何责任, 除非该等损失因明确的法律或法规而引致。投资者不能仅依靠本报告以取代行使独立判断。在不同时期, 中航证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告仅反映报告撰写日分析师个人的不同设想、见解及分析方法。为免生疑, 本报告所载的观点并不代表中航证券及关联公司的立场。

中航证券在法律许可的情况下可参与或投资本报告所提及的发行人的金融交易, 向该等发行人提供服务或向他们要求给予生意, 及或持有其证券或进行证券交易。中航证券于法律容许下可于发送材料前使用此报告中所载资料或意见或他们所依据的研究或分析。

联系地址: 北京市朝阳区望京街道望京东园四区 2 号楼中航产融大厦中航证券有限公司

公司网址: www.avicsec.com

联系电话: 010-59219558

传 真: 010-59562637