

证券研究报告|行业深度报告

机械设备

行业评级 强大于市 (维持评级)

2023年10月30日



3D打印行业深度：

——蓄势待发，产业化应用赋能未来

证券分析师：

彭元立 执业证书编号：S0210522100001

请务必阅读报告末页的重要声明

投资要点

- **传统工艺的有力补充，规模经济性弱，技术特点契合航空航天、医疗等需求。** 与传统制造工艺相比，在量产阶段，增材制造速率过慢及尺寸受限，欠缺传统工艺的规模经济优势。但增材制造可实现传统减材工艺无法实现的复杂几何结构件，如加工传统工艺无法加工的蜂窝点阵结构等，以达到大幅减重及增加强度目的。
- **产业链加速发展，设备成主导地位。** 产业链看，增材制造上游包含粉末及激光器等零件，中游为打印设备制造商等，其中设备制造厂商居行业主导。
 - **上游粉末端：**现阶段我国3D打印仍旧以工程塑料、树脂材料为主，金属材料逐渐成主流（钛合金、钴铬合金、不锈钢和铝合金材料等），主要用雾化法制取，成本近4年降50%，较国外具备性价比；
 - **上游零部件端：**核心零部件（激光器、控制系统、振镜）仍然存在差距，目前处于国产替代阶段。
 - **中游3D 打印设备制造商：**分为工业级 3D 打印设备（65%）、桌面级 3D打印设备（35%），3D打印设备工业级运用广泛，金属加工工艺成主流。3D打印行业龙头地位稳定，国内竞争较为分散，中低端市场竞争激烈，高端市场逐步国产替代（稳定性有差距）。
 - **下游市场端：**工业级设备下游主要是航空航天（58%）、汽车（7%）、模具（18%）、医疗领域（10%），桌面级主要是出口为主，应用在日常生活与教育领域。2023年消费电子开始导入3D打印技术，预计未来3D打印下游应用将快速扩张。
- **工艺路线百花齐放，金属增材或成主流。** 制粉工艺端：雾化法已成主流，工艺已成熟，国内外差距较小，产业相对成熟；3D打印技术端：以金属的SLS、SLM和非金属的FDM为主（工艺受多个因素影响，原材料影响最大）。出现新技术BJAM可以进行大规模生产，但产品性能仍需提升。
- **制造业转型趋势，政策+专利+技术+标准，加速行业产业化进程。** 1、国内国外政策持续加码，加速推动行业发展；2、特定领域内生优势+专利到期双重驱动行业发展；3、3D打印优越性证明：技术进步、成本下降及效率提升逐渐彰显优越性；4、多种创新方法加快3D打印速度，批量化生产存在可能；5、行业标准不断细化，促进3D打印规范化发展。
- **行业市场空间广阔，未来十年有望保持20%以上增长。** 全球2022年增材制造市场规模达180亿美元，近五年CAGR达19.66%，金属增材制造增长速度快于整体，国内增长快于全球，中国为全球第二大市场，2022年330亿元市场规模。下游应用场景丰富，蓝海市场尚待发掘。以航空航天、医疗、汽车为代表的三大应用领域空间广阔；同时，以3C电子、模具（鞋、工具等）、人形机器人为代表的实现大规模生产的新兴下游市场也在加速开拓。
- **投资建议：** 铂力特（产业链），华曙高科（工业级设备），有研粉材（粉末），金橙子（激光振镜控制系统）
- **风险提示：** 专利风险、国外技术突破风险、产业链供给稳定性风险（国际环境）、下游需求增长不及预期等

3D行业核心逻辑图：专利退坡+上游降本+技术突破+政策加码+下游扩容



- PART1 蓄势待发，开启增材制造新时代
- PART2 产业链各环节加速发展，下游行业为关键
- PART3 工艺路线百花齐放，金属增材或成主流
- PART4 制造业转型趋势，政策+专利+技术+标准，加速行业产业化进程
- PART5 设备自主可控，上下游加速0-1-100阶段
- PART6 代表公司
- PART7 投资建议
- PART8 风险提示

增材制造与传统制造相辅相成，互相补充

■ **3D 打印**：以计算机三维设计模型为蓝本，通过软件分层离散和数控成型系统，将三维实体变为若干个二维平面，运用粉末状金属、塑料、陶瓷等可粘合原材料，通过逐层打印的方式来构造物体的技术。**类比传统的减材制造技术，3D 打印具备定制化、低损耗、精密制造、复杂轻量化等优势。**

■ **各类制造方式对比：**

- **减材制造**：通过各种方法将零件毛坯上的多余材料去除,如切削加工、磨削加工、各种电化学加工方法等；
- **等材制造**：材料的质量在成形过程中基本保持不变,如采用压力成形、铸造方法的零件成形,它在成形过程中主要是材料的转移和毛坯形状的改变；
- **增材制造**：将设计者的设计思想、设计模型迅速转化为实实在在的三维实体样件，主要应用于新产品的快速开发，适用于小批量生产。

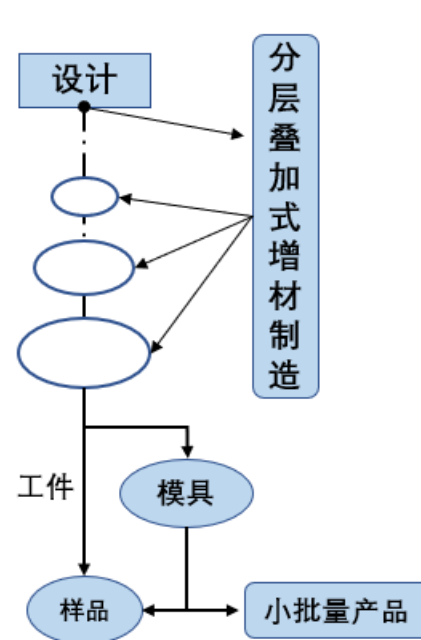
图表：工业技术发展历程

工业革命	特点	理论基础	能源/动力装置	制造范式	生产管理/质量控制
第一次 (1784-1869)	机械化		蒸汽机	原始等材、减材	单台机器生产
第二次 (1870-1968)	电气化	基于确定性和标准性的机械还原论	石化电力/内燃机、电动机	现代等材、减材	基于流水线的大规模生产
第三次 (1969-2020)	数字化	控制论+系统论	喷气动力、核动力	现代等材、减材	基于计算机的自动化生产
第四次 (2021-?)	智能化	控制论+系统论+信息论	可再生能源/基于可控核聚变的动力装置	基于增材制造的工艺融合	基于工业互联网智能工厂

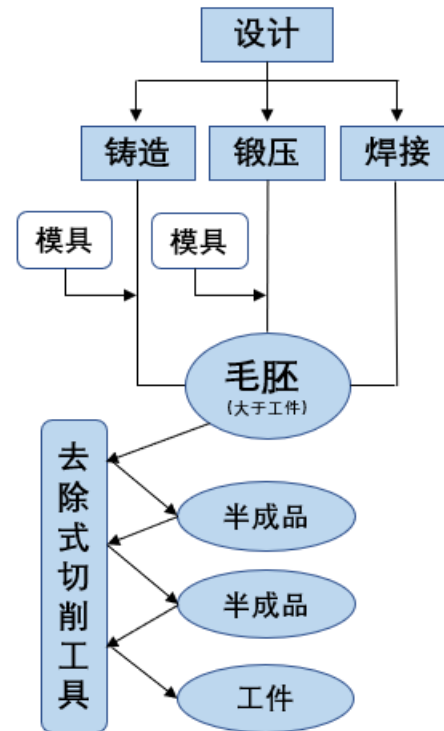
图表：3D打印与传统制造技术对比

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、SLS等	磨削、切削、精密磨削与抛光等
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)	±0.1-10um(超精密加工精度甚至可达纳米级)
零件表面粗糙度	Ra2um-Ra10um之间(表面光洁程度较低)	Ra0.1um 以下(表面光洁度较高，甚至可达镜面效果)

图表：3D打印技术流程



(a) 增材制造



(b) 传统制造

增材制造优势逐渐显现，行业受成本与行业标准与认知度低所制约

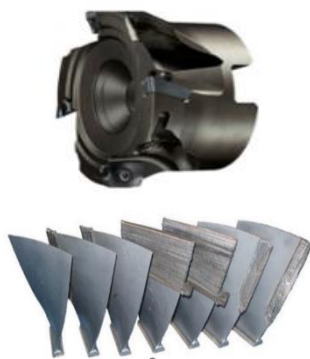
■ 优势：类比传统的减材制造技术，生产前具有材料利用率高、设计的空间广、新产品研发及实现周期短的优势；

- **生产前：**1、材料利用率较高：与传统精密加工技术相比，金属3D打印技术可节约大量材料（材料利用率趋向100%），可节约较大的成本。2、拓展设计的空间：受限于传统的加工制造方式，一些形状复杂的零部件即使设计出来。3、缩短新产品研发及实现周期：3D打印工艺成形过程由三维模型直接驱动，无需模具、夹具等辅助工具，可以极大的降低产品的研制周期，提高产品研发迭代速度。
- **生产中：**1、可高效成形更为复杂的结构：可以实现传统精密加工较难实现的复杂构件成形，提高零件成品率，同时提高产品质量。2、实现一体化、轻量化设计：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，提升产品的可靠性。3、修复磨损或损坏的产品：借助3D打印技术和设备，将受损的组件修复回原来的状态。
- **生产后：**1、优越机械性能：整体性能大于铸件，部分产品性能可比肩锻件。2、零技能制造：传统的手工制造以及机床加工制造等，都需要工匠进行长期的练习锻炼才能胜任。而对于3D打印来说，无论将要打印的零部件形状多么复杂，所需要的都只是设计图纸而已。

图表：3D打印技术生产性能指标

技术	精度	表面质量	材料价格	材料利用率
SLA增材制造	优	优	较贵	约100%
LOM增材制造	一般	较差	较便宜	较差
SLS增材制造	一般	一般	较贵	约100%
FDM增材制造	较差	较差	较贵	约100%
传统制造	优	优	一般	远低于100%

图表：3D打印刀具与叶片



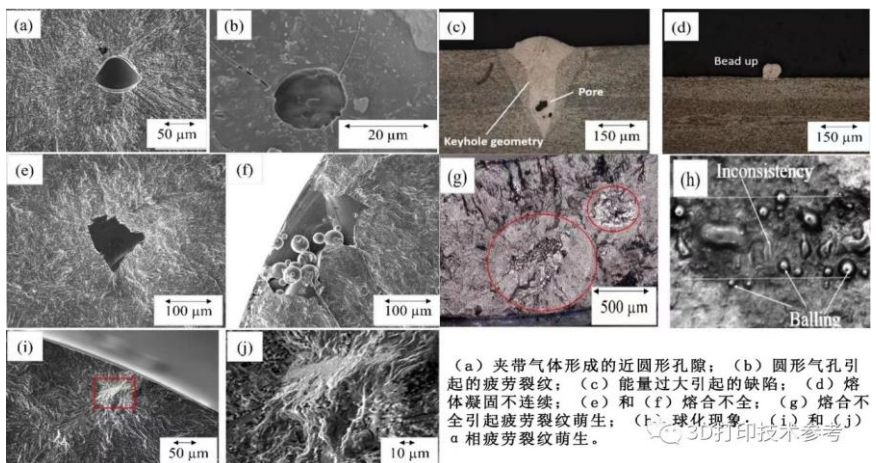
图表：3D打印产品与铸件性能比较

材料	致密度/%	屈服强度/Mpa	抗拉强度/Mpa	延伸率/Mpa
铁	91.3	30.6(50)	— (540)	—
SS 316L	95.0~98.0	180~224 (170)	494~582 (425)	51~61.9 (40)
SS 420	98.0	250 (345)	737 (655)	3 (25)
17-4PH	99.0	— (980)	1045 (1060)	4 (8)
Ni 625	99.2	394 (414)	718 (827)	29 (30)
铜	86.0	— (333)	117 (344)	—
Ti-6Al-4V	—	790 (880)	890 (950)	8 (14)

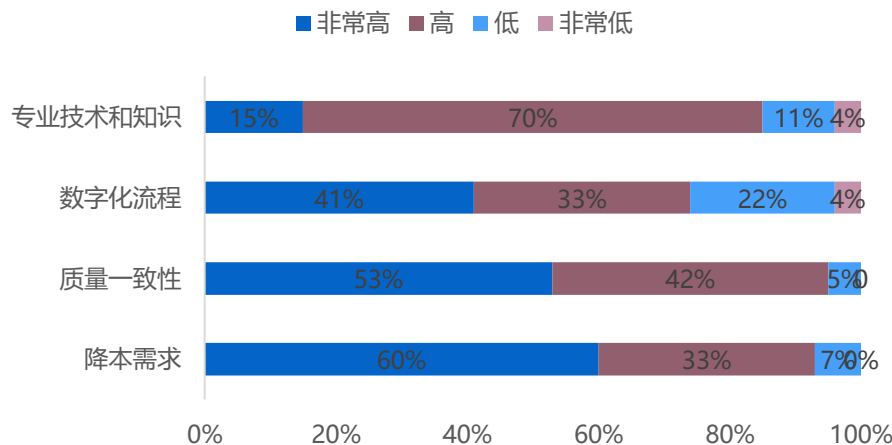
增材制造优势逐渐显现，行业受成本与行业标准与认知度低所制约

- 缺点：** 类比传统的减材制造技术，得到的零部件力学性能不稳定，精细度较差，原材料端比较局限。
 - 整体性能存在差距：** 1、得到的零部件力学性能不稳定：与打印过程中氧化杂质较多、微观组织不够致密、原材料一致性差等因素有关。2、加工精度与表面粗糙度较弱：金属 3D 打印在加工精度、表面粗糙度、加工效率等方面与传统的精密加工技术相比，还存在差距。3、生产速度缓慢，且生产尺寸较小：对于大多应用领域来说，目前生产速度太低（目前通过增加激光器来提升加工速率）。
 - 规模效应不明显：** 利用 3D 打印加工该零部件，不需要用到任何模具，因此即使用该技术批量加工完全相同的零部件，也不存在均摊的固定成本降低的情况。对于标准产品的批量制造来说，模具铸造的时间成本低于 3D 打印。3D 打印技术更适合定制化的、非批量生产的物品，以及无法摊薄固定成本的环节，例如零部件的研发环节。
 - 3D打印材料总类较少：** 1、可打印材料偏少,难以满足需求：与传统的制造技术相比,增材制造目前可选用的材料还相对较少，与各应用领域成千上万种类的材料需求相比,远远不能满足需求。2、现用材料缺乏优化：区别于传统材料,增材制造对材料的性能和适用性的要求更高。材料需要可以融化打印后可成形,并在加工前后保持稳定,以满足连续生产的需求。3、材料的性能需要提升：对高分子增材制造产品来说,现有材料强度和耐候性不足；对于金属材料来说,需要提高材料的力学性能,达到铸造、锻造金属产品的标准。

图表：SLM 3D 打印技术得到的 Ti 合金性能仍有差距



图表：3D打印降本需求迫切



图表：3D打印原材料种类较少

分类	具体材料
非金属材料	ABS(ABS是丙烯腈,丁二烯和苯乙烯的三元共聚物,A代表丙烯,B代表丁二烯,S代表苯乙烯)、PC材料、陶瓷、光敏树脂材料等;
金属材料	不锈钢、铝合金、钛合金、钴铬合金、铬镍铁合金、铁合金及金银等,
复合材料	碳纤维复合材料、高分子复合材料

■ 行业局限性：

- **数据库、标准/认证体系缺乏：**材料、工艺、产品数据的缺乏、标准/认证的缺失；
 - **材料、工艺、产品数据的缺乏：**从材料的角度来看，由于无法充分了解材料的局限性和优势，因此在选择材料时会面临困难，很难根据不完善的材料属性设计相应的零部件。从工艺的角度来说，有限的数据库难以支持建立准确而完整的数学模型，这大大降低了预测产品性能的能力，增加了失败的可能性。而从成品的角度来看，几乎没有可以查询的公开产品性能数据可供参考。
 - **标准/认证的缺失：**相较于传统制造技术，增材制造技术在标准和认证方面存在不足，导致最终零部件的定量检测和比较的困难。ASTM已发布了6项相关标准，包括设计和术语各1项，测试方法、材料以及工艺各2项，但远远不足以支持增材制造应用的快速发展。此外，增材制造的认证标准也存在严重缺乏，尚未建立起标准化的材料性能数据库，因此无法对设备或工艺水平进行认证。
- **商业推广障碍：**技术就绪指数较低、缺乏相关的专业培训和教育、增材制造技术的认知度较低；
 - **技术就绪指数较低：**是一种衡量技术发展(包括材料、零件、设备等)成熟度的指标，分为9级3个阶段,前3级为“实验室”阶段,中间3级为“中试”阶段,最后3级为“产业化”阶段;金属部件的相关应用处于TRL 3~7的位置,一般达到9可以开始大规模生产应用。
 - **缺乏相关的专业培训和教育：**增材制造相关的专业培训非常有限,大学教育也缺失,限制了此技术的设计自由度。
 - **增材制造技术的认知度较低：**很多人还没有真正意识到增材制造带来的影响。例如,在医疗器械行业里面,一些公司已经开始使用这项技术制造牙冠,而另外一些牙冠制造公司仍不知道增材制造这项先进技术。

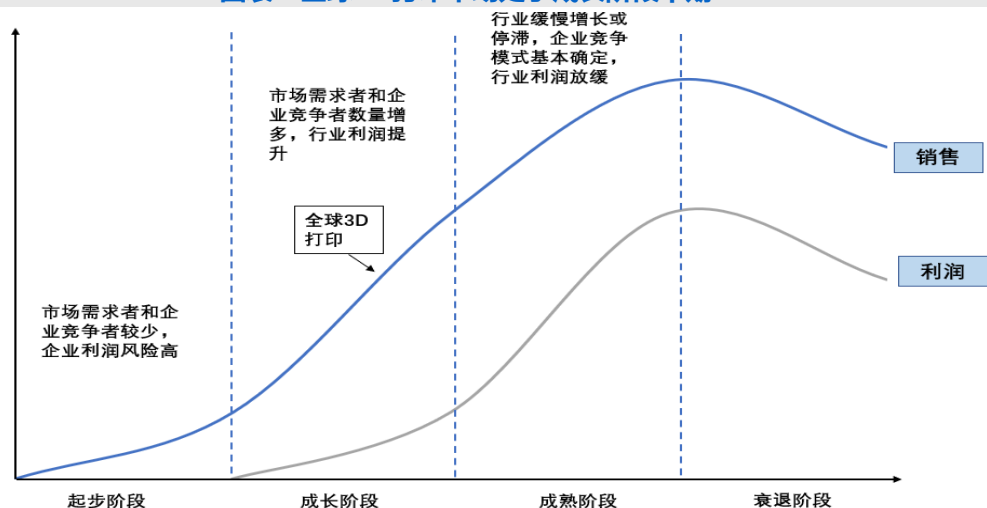
全球3D打印行业处于成长中期阶段，中国加速追赶逐渐步入商业化阶段

- 全球 3D 打印行业：技术萌芽（1982 -1992）—产品生产（1992-2000）—下游应用（2000-至今）。
 - **阶段一（1982 -1992）：技术萌芽**；期间 3D 打印专利、技术、原型机先后诞生。1982年 Charles Hull 首次提出将光学技术应用于快速成型领域，并于次年发明了世界上第一台立体光固化成型（SLA）3D 打印原型机此后各类 3D 打印技术及其原型机不断涌现。
 - **阶段二（1992-2000）：产品生产**；Stratasys公司推出了第一台基于FDM技术的3D工业级打印机——3d造型者（3D Modeler），FDM 技术步入了商用阶段；后续不断推出选择性激光烧结（SLS）打印机、桌面型立体光固化成型机等机器。
 - **阶段三（2000-至今）：下游应用**；3D打印开始追求应用端。
- 目前全球3D打印行业处在行业成长中期。
 - **营收角度**：近三十年平均增速26.1%，近年增长迅速。
 - **技术角度**：部分技术较为成熟、销量开始攀升、市场份额不断扩大、竞争者不断涌入，符合成长期的特征。

图表：3D打印发展历史

时间	事件
1982	查尔斯·胡尔试图将光学技术应用于快速成型领域，并于第二年发布了世界上第一台3D打印机。
1984	胡尔发明了SLA立体平板印刷技术
1986	胡尔成立了世界上第一家生产3D打印设备公司——3D Systems，采用基于液态光敏树脂的光聚合原理工作的技术，被称为“立体光刻”。
1989	Carl Deckard发明了选择性激光烧结技术（SLS）。
1992	Stratasys公司推出了第一台基于FDM技术的3D工业级打印机——3d造型者（3D Modeler），FDM技术步入了商用阶段；美国DTM公司推出了首台选择性激光烧结（SLS）打印机。
1993	美国麻省理工学院MIT的Emanuel Sachs教授发明了三维打印技术（Three-Dimension Printing, 3DP）
1995	德国一家激光技术研究所推出了SLM技术；美国Z Corporation公司开始开发基于3DP技术的打印机；西安交通大学卢秉恒教授发布了中国第一台3D打印样机。
1996	各种3D打印新技术被开发：LENS激光净成型技术、DMD直接金属沉积、DLF直接激光成型、LRF激光快速成形等技术的出现实现了人们对于3D打印技术的持续创新。
1998	Autostrade发布了全球第一台商业化个人用的桌面型立体光固化成型机；Optomec成功开发LENS激光烧结技术。
2000	Objet更新SLA技术，使用紫外线光感和液滴喷射综合技术，大幅提高制造精度。
2005	ZCorp公司推出世界上第一台高精度彩色3D打印机Spectrum Z510
2008	第一款开源的桌面级3D打印机RepRap发布
2010	Organovo公司，一个注重生物打印技术的再生医学研究公司
2011	设计和试驾了全球首架3D打印的飞机；推出全球第一辆3D打印的汽车Urbee；
2012	英国著名经济学杂志《经济学人》声称3D打印将引发全球第三次工业革命；MIT的团队成立Formlabs公司；MIT的团队成立Formlabs公司。
至今	3D 打印行业龙头公司盈利能力初现，产业链上游材料、中游技术、下游产品逐渐成熟，行业未来市场空间广阔

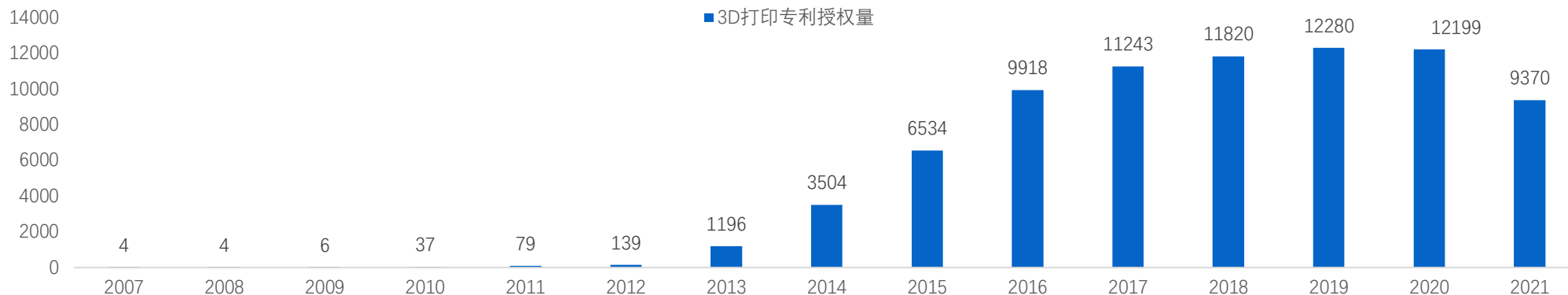
图表：全球3D打印市场处于成长阶段中期



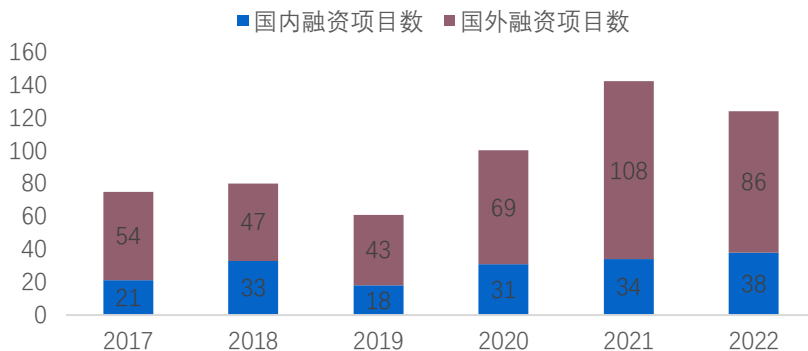
全球3D打印行业处于成长中期阶段，中国加速追赶逐渐步入商业化阶段

- 我国3D打印行业：起步滞后于欧美十年左右，但差距逐步缩小，**目前我国逐步进入商业化阶段**，由导入期逐渐转到成长期。
 - **专利角度**：2009~2015年许多领先的工业3D打印专利到期，降低了行业准入门槛与成本，激发了市场活力，推动了产业化进程。
 - **融资角度**：国内融资维持高水平，22年占全球1/3，主要聚焦于软件、设备与生物医药方向，国内外设备端融资需求旺盛。

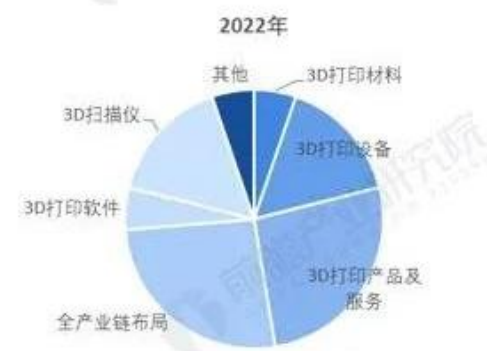
图表：3D打印专利授权自2015年后快速增长



图表：3D打印行业融资现状



图表：2022年中国3D打印融资方向

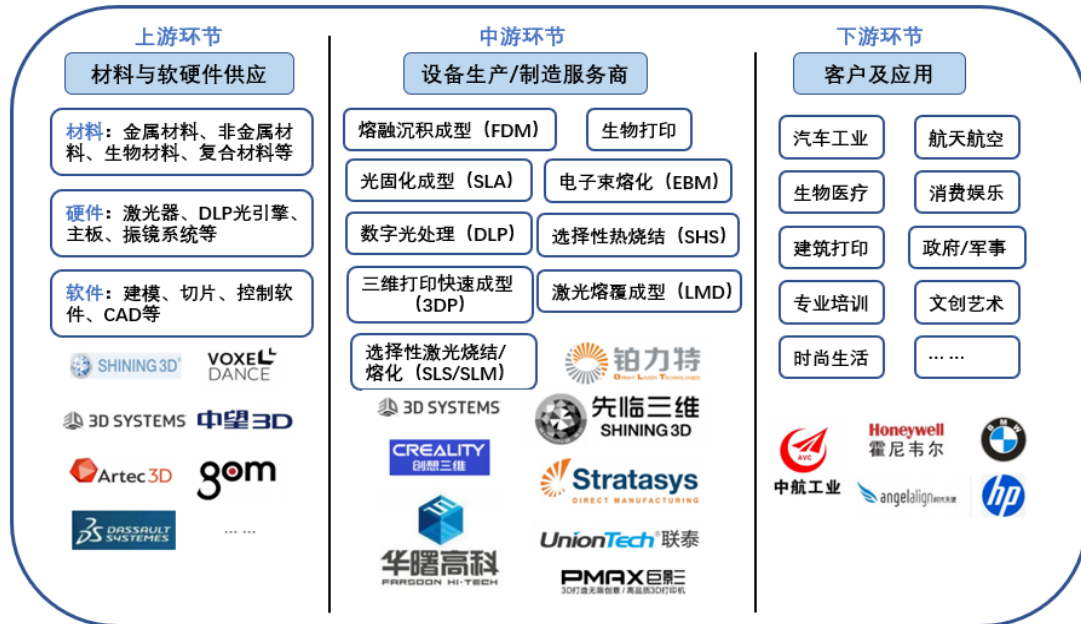


目 录

- PART1 蓄势待发，开启增材制造新时代
- PART2 产业链各环节加速发展，下游行业为关键
- PART3 工艺路线百花齐放，金属增材或成主流
- PART4 制造业转型趋势，政策+专利+技术+标准，加速行业产业化进程
- PART5 设备自主可控，上下游加速0-1-100阶段
- PART6 代表公司
- PART7 投资建议
- PART8 风险提示

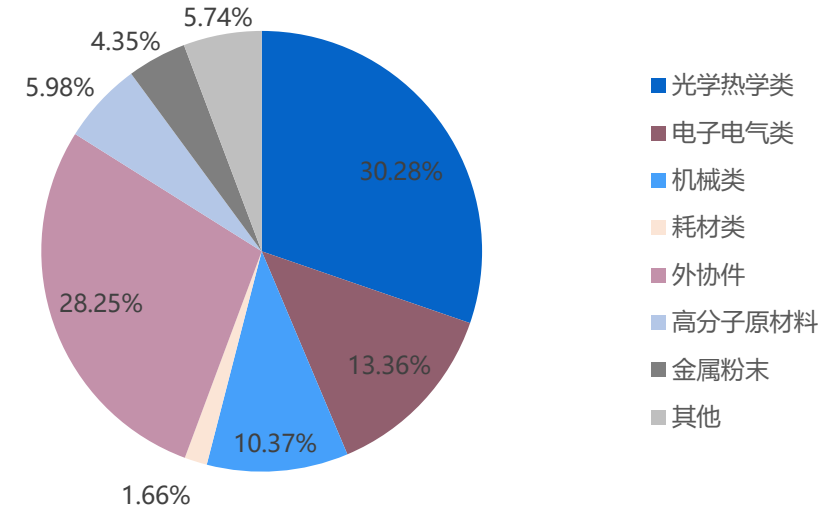
■ **行业产业链短而广，我国上下游加速发展，设备与服务占主要产值，行业逐步形成产业化；**

图表：3D打印产业链

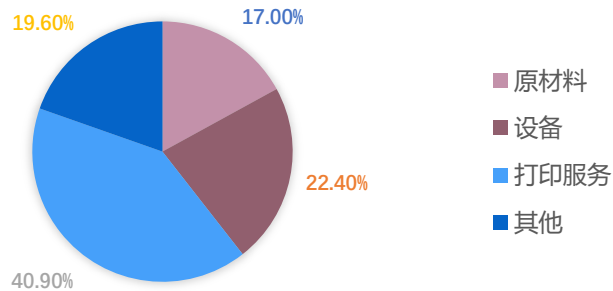


■ **光学热学类（激光器+振镜）和外协件占大部分设备成本，核心零部件均价在逐年下降。**

图表：3D打印设备价值量拆分（以华曙高科采购占比统计）



图表：3D打印价值量占比

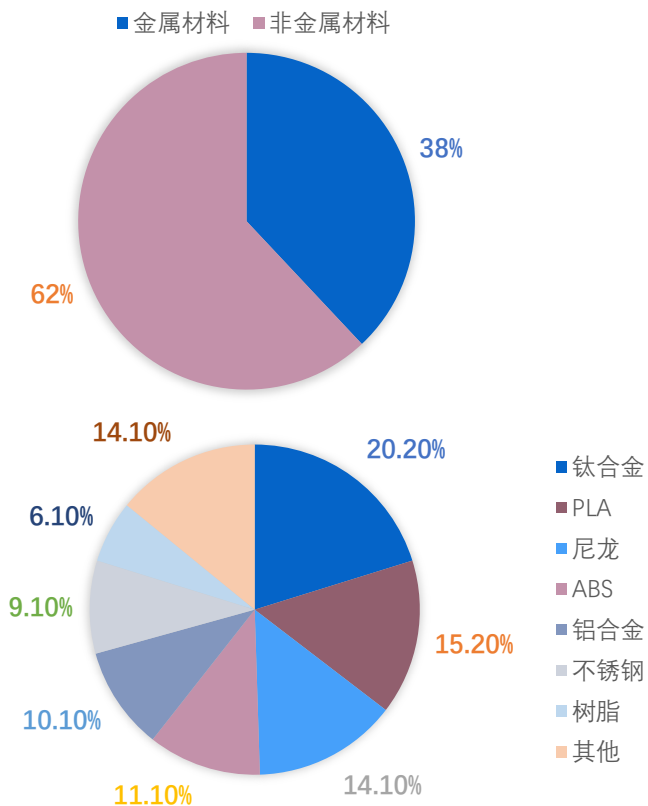


图表：核心零部件均价变化（元/个）

	2019	2020	2021	2022H1
振镜	69291	76734	63175	61937
激光器	61397	68118	64498	45491
花键	2121	2422	2331	3271
减速器	2606	3034	2828	2536
伺服电机	3388	2365	2055	1798
金属粉末	312	278	301	188

- **3D 打印原料厂商：**3D 打印原料厂商为中游的 3D 打印设备、服务商提供其生产所需耗材。3D打印是通过设备逐层增加材料来制造三维产品，是3D打印最重要的物质基础；常用的 3D 打印材料包括金属粉末、非金属粉末、光固化树脂、线材等；
- **目前以工程塑料、树脂材料等非金属材料为主，金属材料逐渐成主流。**
- **金属和复合材料凭借其比传统材料更优异的机械特性（刚性、抗冲击性、轻便性等）和其他力学性能，逐渐成为市场主流，技术壁垒高，主要应用在航空航天、军工、汽车等领域。**

图表：中国3D打印材料价值量占比

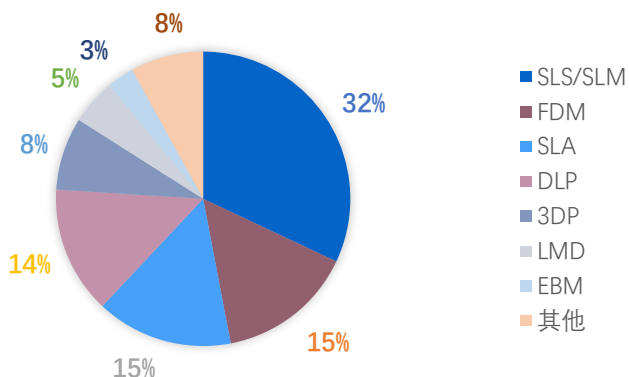


图表：粉末的分类与特性

材料	细分	产品特性	应用领域
金属材料	钛合金	强度高、耐热性高、抗蚀性好、低温性能好、化学活性大	制作飞机发动机压气机部件，火箭、导弹和高速飞机的结构件
	钴铬合金		
	不锈钢	易焊接性、耐腐蚀性、强抛光性及耐热性	建筑领域、食品加工、餐饮、酿造、化工和医疗器械等尺寸需求较大领域
工程塑料	ABS材料	极好的冲击强度、尺寸稳定性好、电性能、耐磨性、抗化学药品性、染色性	产量最大，广泛应用在工业机械、航空航天、汽车制造、医疗器械、电子制品、消费品制造等领域
	PC材料	高强度、耐高温、抗冲击、抗弯曲	应用于电子消费品、家电、汽车制造、航空航天、医疗器械等领域
	PLA材料	相容性、可降解性、机械性能和物理性能良好	应用于对环保要求较高、制品精度较高的领域
	尼龙材料	质量轻，耐热，摩擦系数低，耐磨损等	应用于汽车、家电、电子消费品、艺术设计及工业产品等领域
光敏树脂材料	Somos 19120	低留灰烬和高精度等特点	铸造专用材料
	Somos 11122	防水和尺寸稳定性	适合用在汽车、医疗以及电子类产品领域
	Somos Next	类PC新材料，钢性和韧性好	应用于汽车、家电、电子消费品等领域
橡胶陶瓷材料	橡胶	硬度、断裂伸长率、抗撕裂强度和拉伸强度较大	适合于要求防滑或柔软表面的应用领域
	陶瓷	高强度、高硬度、耐高温、低密度、化学稳定性好、耐腐蚀等	可作为理想的炊具、餐具和烛台、瓷砖、花瓶、艺术品等家居装饰材料，航空航天、汽车领域也逐步使用
复合材料	碳纤维复合材料	将单一材料与碳纤维混合，综合提升产品的强度、粘合力、耐热度，同时可以优化产品重量等物理性质。	电子消费品、家电、汽车制造、空航天、医疗器械等领域
	高分子复合材料	耐高温、耐腐蚀、高阻燃性、优异的力学性能	汽车制造、航空航天、医疗器械等领域
其他	蓝蜡和红蜡	表面光滑	可用于标准熔模材料和铸造工艺的熔模铸造应用，是制作珠宝、服饰、医疗器械、机械部件、雕塑、复制品、收藏品的主要材料

- **3D 打印设备制造商**：分为工业级 3D 打印设备、桌面级 3D打印设备；
 - **工业级设备**：价格昂贵，主要用于加工大尺寸的产品。一般使用 SLS/SLM、SLA、FDM 等技术，应用领域主要有汽车、国防航空航天、机械设备、消费品、家电等工业领域；
 - **桌面级设备**：为针对个人消费者的设备，是增材制造技术的初级阶段和入门阶段，设备价格低廉，在市面上种类繁多；
- **中国3D打印设备主要以SLS、SLM和非金属的FDM为主。金属3D打印机市场前景无限，桌面级3D打印量大价低，销售稳定增长；**

图表：3D打印技术市场占比情况



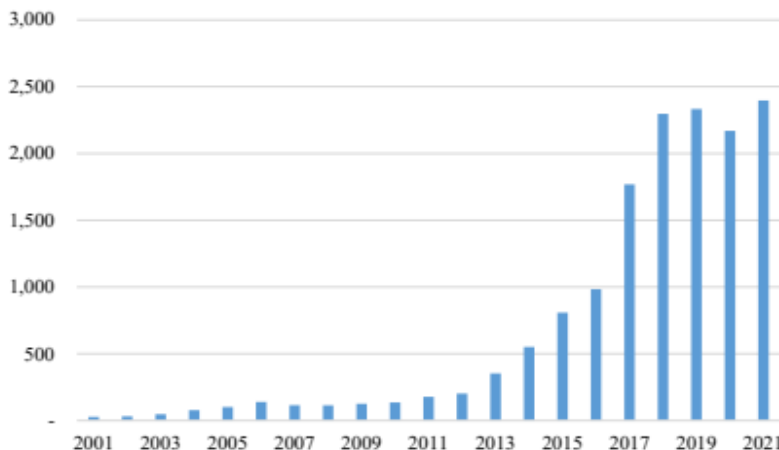
图表：桌面级与工业级设备对比

	桌面级	工业级
打印精度	只有FDM、SLA两种技术，最小分辨率0.3-0.6mm之间	采用伺服电机，有效避免精度失真
打印速度	多采用16位、32位芯片，在SLA技术上扫描速度最多为1m/s	采用64位芯片，SLA技术上扫描速度达7-15m/s
参数设计	打印支撑与打印实体部分参数打印	打印支撑与打印实体部分参数打印
打印尺寸	体积较小	大
打印可靠性	打印成功率最高只有70%	打印成功率几乎达到100%
自动检测功能	几乎没有自动校正与检测功能	所有设备都有自动校正和检测功能
应用领域	教育、创客、简单模型制作	航空航天、汽车制造、医疗等
代表公司	创想三维，纵横立方	铂力特，华曙高科

图表：全球工业级增材制造设备数量（台）



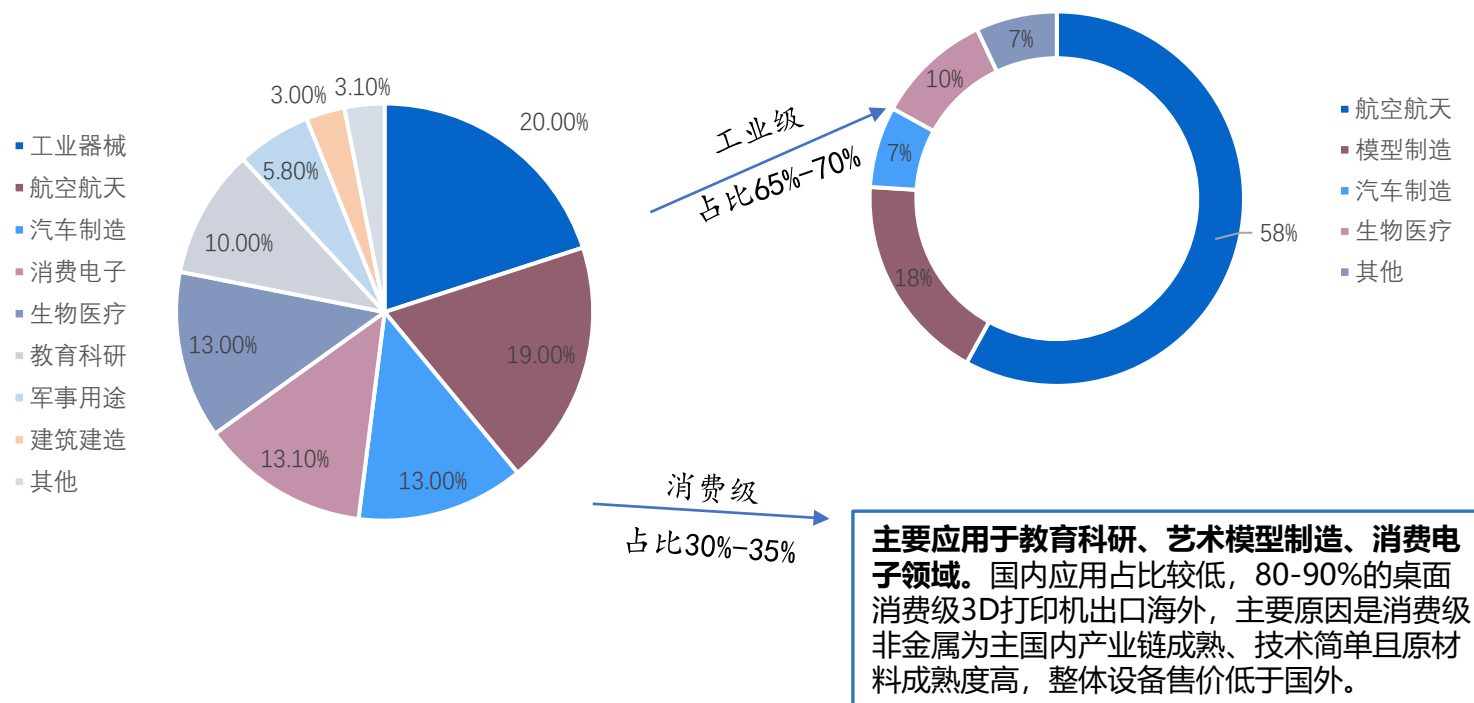
图表：全球金属增材制造装备销售量（台）



下游：航天航空、工业器械、汽车为主要应用领域，逐渐延伸至其他行业

- **下游市场**：占比最多的三个领域是工业器械、航空航天和汽车，分别占比20%、19.0%和13.0%。
 - **工业级设备**：占中国市场65%~70%，航空航天是目前中国3D打印市场主要应用领域，占比58%，模具与汽车制造占18%和7%；
 - **桌面级设备**：占中国市场30%~35%，主要应用于教育科研、艺术模型制造和消费电子领域，80%~90%桌面级3D打印机出口海外，主要是消费级（非金属为主）国内产业链成熟、技术简单且原材料成熟度高，整体设备售价低于国外；
- **商业模式**：军用需求旺盛，民用空间广阔（工业、医疗、建筑等）。
 - **军用端**：军用下游需求较高，对于金属 3D 打印技术成熟度要求高；
 - **民用端**：民用下游行业较多，政策给予首批增材制造应用场景涉及工业、医疗、建筑和文化领域，未来增长空间广阔；

图表：3D打印整体下游占比



图表：首批增材制造经典应用场景名单（应用）

工业领域	应用场景	应用行业	应用场景
工业领域	复杂结构产品轻量化设计		医疗植入物定制
	产品原型快速试制		修复体定制
	多材料结构一体化制造	医疗	治疗辅助器具制作
	复杂结构产品整体化制造		个性化矫正器具打印
	零件批量生产		细胞/组织/器官打印
	专用工具工装制作	建筑	建筑设施整体制造
	专用模具制作	文化	文物修复展示
	零件修复再制造		
	修复体制作		
	消费品批量定制生产		

- **航空航天领域：3D 打印技术主要应用在无人飞行器的结构加工、特殊部件的加工及组装、涡轮叶片、挡风窗体框架、旋流器等零部件的加工方面。**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（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）。
- **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，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；**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。

图表：3D打印在航空航天应用优势与劣势

优势	具体表现
缩短新型航空航天装备及零部件的研发周期	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
满足轻量化需求，减少应力集中，增加使用寿命	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。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，传统工艺制造为“雕刻”，最终材料利用率只有 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，实现降本
零件更易修复	3D 打印制造的零部件更容易得到修复，匹配性更佳。修复过程可以看作是增材制造过程的延续，修复区与基材可以达到最优的匹配。
缺点	增材制造造成部分零件变形开裂；增材制造具有特殊的工艺缺陷；计算机硬件无法胜任

图表：3D打印在航空航天应用

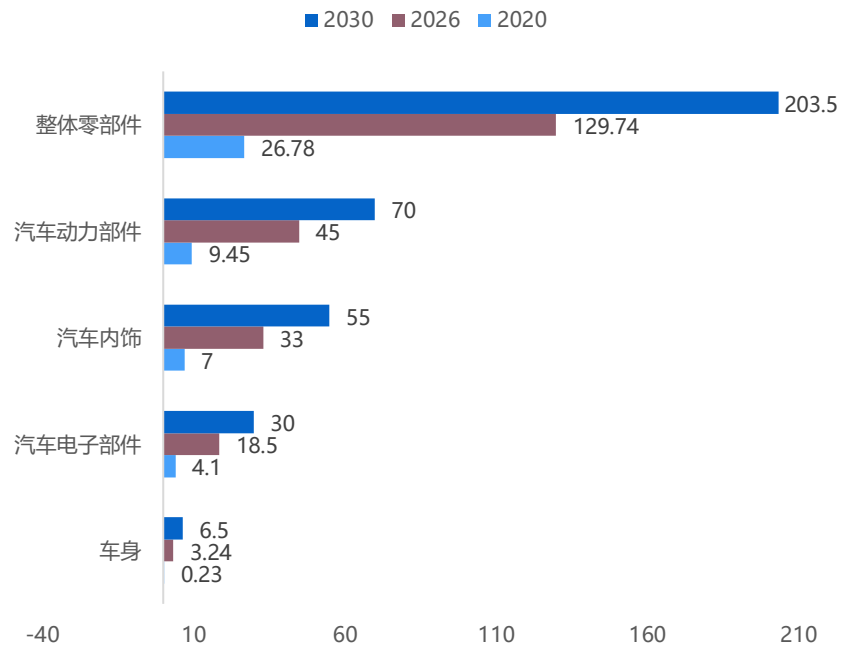


- **汽车制造领域：3D 打印技术主要应用在汽车设计制造的原型制造和模具开发等方面。** 主要优势为1) 无模化，加速迭代过程，减少研发成本；2) 对产品的复杂性成本不敏感，适合创新颠覆产品的设计。有助于企业实现快速小批量工具的定制，降低成本并缩短产品上市时间。
- **新能源汽车为3D打印行业迎来催化剂。** 随国产新能源车质量、性能和认可度不断提高，比亚迪、蔚来、理想等车企不断进入中高端新能源车市场，叠加新能源车对于汽车轻量化的要求程度普遍高于传统能源汽车，另外，新款车型加速推出对于设计与研发的速度也提出更高要求，未来 3D 打印在我国汽车行业的应用将成为新的蓝海，市场增量空间广阔。

图表：3D打印在汽车的应用

应用部件/案例	图例	具体情况
汽车零部件		宝马推动“汽车领域的增材制造（AM）技术的工业化和数字化”，在不同的车型上进行应用，包括M850i夜空特别版的3D打印刹车卡钳，以及宝马6缸发动机S58的3D打印零件。通过自动化将人工活动从35%减少到5%，3D打印金属零件成本降低了一半以上。
内外饰应用		法国汽车品牌标致新款308车型从一种新的柔性聚合物开始，使用创新的3D打印技术制造太阳镜架、杯架和手机/卡架，以适应308的中控台。
整车制造		XEV-YOYO是全球第一款车身内外饰件使用3D打印技术量产的电动汽车。XEV公司已经自主研发出了YOYO 3D打印电动汽车整车平台，包含底盘系统、车身电子系统、悬架系统等整车车身架构及内外饰设计。整车3D打印不仅能提高车身的一体化强度，还能自定义“皮肤”。
概念3D打印汽车设计		HV-001原创设计符合革命性的全新 3D 打印汽车制造工艺。具有双涡轮增压 v8 发动机，前桥上由超级电容器支持的两个电动机相结合，以提高效率并保持高性能。

图表：汽车领域3D打印市场空间预测（亿元）



- **医药生物领域：3D 打印技术的应用主要体现在手术规划模型的建立、康复医疗器械的定制等方面。** 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，能够非常好地满足医学领域个体化、精准化医疗的需求。
- **3D 打印技术在医疗领域的应用主要可以分为五个层次。** 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。

图表：3D打印在医疗的应用

应用场景	图例	具体情况
齿科		3D 打印在口腔数字化加工、个性化定制、特别是数字化种植导板，通过口扫、设计、3D 打印，来实现真正的精准种植和精准医疗，减少了患者的等待时间，提高了患者的舒适度，降低了手术风险，给患者带去更快捷安全的体验，用于口腔正畸、口腔修复、口腔种植。
骨科		根据患者特点能够高精度定制复杂结构的植入体，优化体内植入物的结构安全，增加植入物与患者的匹配度，常见的关节、脊柱、颌颌面等植入物均可通过 3D 打印实现。
生物 3D 打印		利用快速成型技术(RP)将生物材料和生物单元按仿生形态学、生物体功能、细胞生长微环境等要求，使得细胞单个或串联打印，一层一层，直接创建三维组织或器官的制造方法。比如人造血管具有较好的灌注能力和很高的渗透性，可以使介质沿径向扩散，类似于天然血管。

图表：3D打印在医疗的发展阶段

分级	技术内容	技术应用
阶段一	无生物相容性材料打印	外科手术设计模型或牙科手术规划
阶段二	打印具有生物相容性但不能降解的材料	不可降解的假肢移植体、椎间融合器、关节假体等
阶段三	打印具有生物相容性并可降解的材料	骨组织工程支架、人造皮肤修复体以及心脏支架等
阶段四	打印“活性细胞”	构建体外生物学模型、药理/病理模型、器官芯片等
阶段五	打印“类器官”	人工生命系统、微型生理系统、细胞机器人等





下游：医疗行业定制化需求契合3D打印技术特点，应用空间广阔

- **药物3D打印是近年来一个新兴的技术领域。**1996年6月，麻省理工学院的Michael Cima教授首次报道了粉末粘结3D打印技术可应用于制药。其中材料挤出成型技术、粘合剂喷射成型技术、材料喷射成型技术、粉末床熔融成型技术和光聚合固化技术这5种3D打印技术都被尝试应用于制药。
- 已有部分企业进行药物的规模化商业化开发生产药物3D打印领域虽然面对一个高达数千亿美元的固体制剂蓝海市场，但专有技术的开发和产业化需要大量的时间和资金，更需要极强的创新创造能力，还需要领域内出现领军型企业，来走通技术开发、产品开发、法规注册的道路，并实现商业化的成功。目前全球范围内将3D打印技术应用到药物产品商业化开发阶段的只有美国的Aprescia和中国的三迭纪。

图表：3D打印在医疗的应用

ASTM 3D打印技术分类	代表性技术	技术特点			可制的药物剂型种类
		前处理	打印过程	后处理	
材料挤出成型	熔融沉积成型	预制含药线材	加热	无	可设计复杂内部结构实现各种药物释放控制的剂型
	热熔挤出沉积	无	加热	无	
	直接粉末挤出	预混原料药和辅料粉末	加热	无	
	熔融滴注成型	预混原料药和辅料粉末	加热	无	
	半固体挤出(SSE)	预制含药半固体	室温/加热	干燥	
材料喷射成型	按需喷墨打印	预制含药墨水	室温/加热	干燥/无	
粘合剂喷射成型	粉末粘结	预制含药粉床	室温	除粉和回收、干燥	速释片以及结构简单的缓释剂型
粉末床熔融成型	选择性激光烧结		加热	除粉和回收	
光聚合固化	光固化成型	预制含药聚合物单体	光聚合	与未反应聚合物单体分离	结构简单的缓释剂型

图表：3D打印在医疗的发展阶段

公司	类型	3D打印技术	应用方向	设备	产能
 APRESCIA THE 3DP PHARMACEUTICAL COMPANY	专业 3D 打印药物公司	粉末粘结	速释新药产品开发	传送带式 GMP 生产系统	10 万片/天
 三迭纪® TRIASTEK	专业 3D 打印药物公司	热熔挤出沉积	程序化释放的新药产品开发	智能化、连续化的高通量 GIP 3D 打印系统	已实现3万片/天，2021年实现 10 万片/天
 MERCK	大型跨国药企	选择性激光烧结	新药产品开发	与 EOS 合作开发规模化生产设备	目标10 万片/天
 MSD	大型跨国药企	熔融沉积成型	加速新药的早期开发	商用 FDM 3D 打印机 (改良超本)	150片/天，大规模生产改用传统工艺

- **加工难度大、成本高是钛合金未在3C电子广泛运用的主要原因。**电子产品金属结构件一般以不锈钢和铝合金为主，不锈钢光泽感好，但重量不占优势；铝合金有轻量优势，但硬度一般。而钛合金的强度高于不锈钢，重量却只有同体积不锈钢的一半，能同时做到硬度和重量两者兼顾。由于钛合金的传统加工难度大，良率低，从而造成生产成本较高，因此一直没有被3C行业广泛应用。
- **中框加工工艺：数控立式加工中心CNC为主要工艺。**一般常见的胚料成型工艺有锻造、铸造、铝挤等，常用的表面处理方式有抛光+PVD涂层、喷砂+阳极氧化、拉丝。苹果钛合金采用行业首创的热机械工艺，包裹着一个由100%回收铝制成的新下部结构，通过固态扩散将这两种金属以惊人的强度结合在一起，铝制框架有助于散热，并使背面玻璃易于更换。

图表：钛合金中框相较其他合金加工难度大、良率低

	铝合金	不锈钢	钢铝复合压铸	钛合金
成本	★	★★★	★★	★★★★★
重量	★	★★★★★	★★	★★★★
强度（硬度）	★	★★★★	★★★★	★★★★★
耐疲劳度	★	★★★★	★★	★★★★★
环保性	★	★★	★	★★★★★
阳极氧化（成熟度）	★★★★★		★★	
电镀（成熟度）	★	★★★★★	★★★★	★★
加工难度	★	★★★★	★★	★★★★★
良率	★★★★★	★	★★★★	★
外观效果	★	★★★★	★★	★★★★
工艺成熟度	★★★★★	★★	★★★★	★
加工方式	多样化加工	锻压+CNC, 纯CNC	压铸+CNC	锻压+CNC, 纯CNC

图表：过去手机中框加工解决方案

加工部位	示意图	加工类型	加工方式	问题
手机内腔加工		粗加工	分层面铣	手机内腔加工，加工余量大，切削温度高，金属去除率要求高；刀具需保持良好的排屑性、抗崩性；通常失效形式为刀具崩刃。
中框侧壁开粗		粗加工	侧铣	中框侧壁开粗，需要将方型的坯料加工成弧形的手机中框侧壁形状。坯料上下直角部的加工对刀具的冲击力巨大，极易使刀具出现崩刃失效，寿命较低，刀具成本过高。
中框侧壁精加工		外观加工	侧铣	中框侧壁的外观精加工，对被加工后的表面质量要求极高，要求侧壁不允许有刀纹、刀线等外观不良现象。同时对刀具的轮廓度要求较高，以此来保手机产品对轮廓度的要求。
手机SIM卡槽加工		粗加工	螺旋下刀铣削	手机中框四周存在SIM卡槽、开关键、音量键槽等多个深槽部位；这些部位通常采用螺旋下刀铣削，对刀具刀尖刚性、耐磨性有很高要求。

下游：钛合金3D打印引领革命，消费电子领域市场空间打开

- **小米、三星、OPPO、华为等3C大厂纷纷推出钛合金材质打造零部件的产品，3D打印或成消费电子钛合金加工核心工艺。** 2023年10月26日，小米发布新机Xiaomi 14 Pro，并推出钛金属特别版，是全球首款使用钛金属作为中框的安卓手机。此前，2023年10月19日，OPPO发布新机折叠屏Find N3，铰链采用航天级MIM合金，重量降低7%，强度大幅提升，是对钛合金3C零部件的初步探索。更早之前，2023年7月，荣耀发布折叠屏手机 Magic V2，铰链的轴盖部分首次采用钛合金3D打印工艺，成为3D打印在手机上的首次规模化应用；9月，苹果发布iPhone 15 Pro/Pro Max采用钛合金外壳，Apple Watch Ultra2采用钛合金表壳，并宣称正积极探索钛合金零部件的3D打印技术。

图表：钛合金在3C电子的应用汇总

品牌	产品型号	产品类型	使用钛合金部位	零部件说明
苹果	Iphone15 Pro/Pro Max	手机	中框	钛金属边框通过固态扩散技术与铝金属内框焊接，有强度高质量轻的优势，相比于不锈钢中框的iPhone 14代重量轻了20g左右。
	Apple Watch Ultra/Ultra2	手表	表壳、表带	外观采用49毫米钛金属表壳，高山回环式表带采用抗腐蚀的钛金属G式表扣，海洋表带采用钛金属表扣和带弹性的钛金属环。
荣耀	折叠屏Magic v2	手机	铰链、轴盖	搭载91%金属结构的“鲁班钛合金铰链”，标志着金属3D打印技术已经被成功应用于手机零件批量生产。钛合金技术可以让铰链中的轴盖变得更轻更薄，从而带动折叠屏整体厚度和重量的下降。
三星	Galaxy S24 Ultra	手机	中框	据Techweb，三星下一代旗舰Galaxy S24 Ultra将会采用钛合金中框，它将对标同样采用钛合金的iPhone 15 Pro Max，新款手机有望在今年底亮相。
	Galaxy Watch5 Pro	手表	表壳	表壳采用钛合金材质，更耐刮擦。
OPPO	折叠屏Find N2	手机	螺丝	螺丝钉从前一代的不锈钢材质改为钛合金，这使得OPPO Find N2的机身重量从上一代的275g降低到233g，这个重量已经低于直板机iPhone 14 Pro Max。
	折叠屏Find N3	手机	铰链、摄像头圆环	铰链采用航天级MIM合金，重量降低7%，抗湿耐热耐摔，强度大幅提升。“潜航黑”配色以钛合金作为摄像头圆环材质。
小米	Xiaomi 14 Pro	手机	中框	采用钛金属中框设计，相比其他材质拥有耐磨性好、重量轻等优点，小米14 Pro也是全球首款搭载钛金属中框的安卓手机。
华为	Watch 4 Pro	手表	表壳	采用48毫米的钛合金表壳，比普通金属更强韧坚固、耐腐蚀。

- **3D打印技术不断在人形机器人领域应用，具有轻量化、生产复杂结构以及便于研发等优势。**从研发角度，波士顿动力采用3D打印制作了比航天使用的更小巧、更轻质的伺服阀，阀门响应时间短，旁路泄露极低；从设计角度，3D打印优化结构设计，减轻机器人肢体惯性，使Atlas更轻、更紧凑、更加集成；从功能角度，波士顿动力将3D打印应用于制造Atlas机器人的液压动力单元（HPU），具有优越的可扩展性，有效利用了原本剩余的空间，实现更高效率。
- **中国3D打印厂商与机器人厂商强强联合，促进产业发展。**2023年4月14日，先临三维与大族机器人在深圳签署了战略合作协议，双方将在高精度三维视觉技术领域内，涉及机器人应用的项目达成战略合作，此前 FAU 的科学家通过3D打印、深度学习等技术创建机器狗Astro

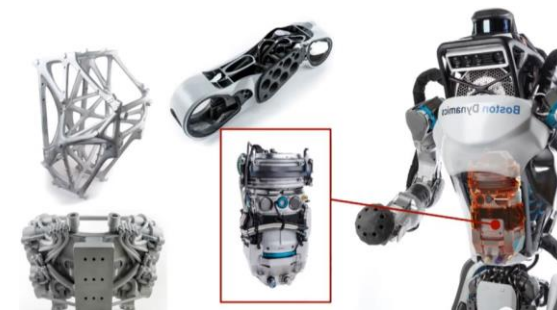
图表：3D打印机器人代表应用

机器人	图片	介绍
英特尔 Openbot		该设备配备了庞大的传感器网络，并具有强大的计算能力，使其能够利用智能手机的先进功能。
阿特拉斯人形机器人		该公司依靠 3D 打印组件来开发 Atlas 机器人。例如，腿是 3D 打印的，这使得将液压管线集成到结构中成为可能。增材制造也已用于生产定制伺服阀。
Poppy		一种轻量级3D打印骨骼结构的机器人，使用3D打印技术，通过复制人类肌肉骨骼系统，将类人机器人技术提升到拥有人体的能力。
微型刷毛机器人		微型 3D 打印机器人，基于双光子聚合 (TPP) 工艺制造，可以通过微小的振动进行控制。

图表：3D打印在人形机器人领域应用



Atlas腿部结构细节



Atlas液压动力单元制造



先临三维与大族机器人签署战略合作协议



Astro机器狗

目 录

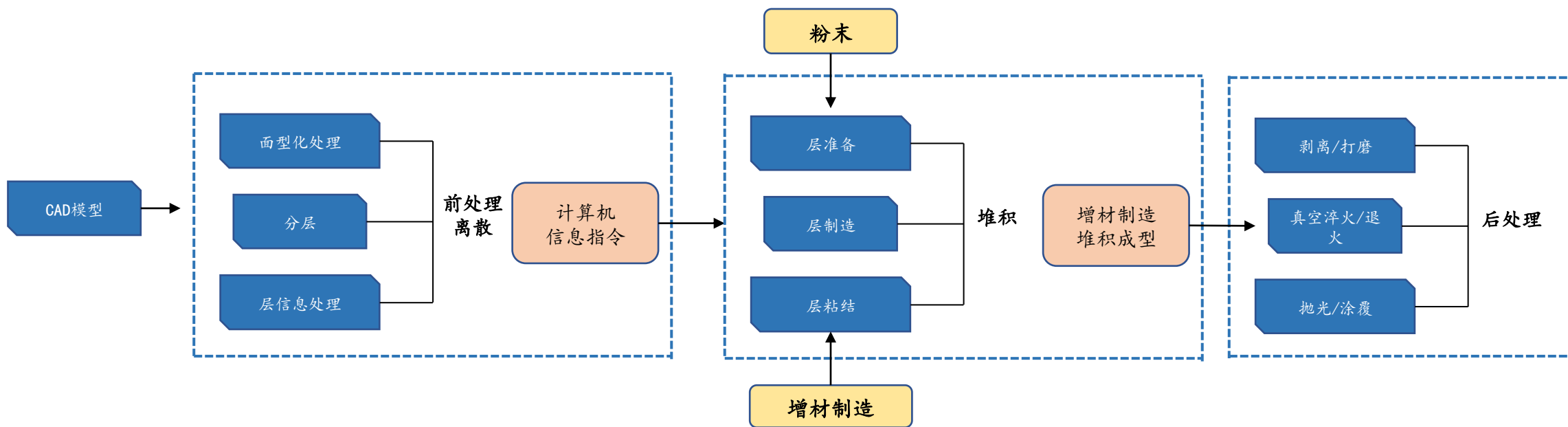
- PART1 蓄势待发，开启增材制造新时代
- PART2 产业链各环节加速发展，下游行业为关键
- **PART3 工艺路线百花齐放，金属增材或成主流**
- PART4 制造业转型趋势，政策+专利+技术+标准，加速行业产业化进程
- PART5 设备自主可控，上下游加速0-1-100阶段
- PART6 代表公司
- PART7 投资建议
- PART8 风险提示

工艺流程：与传统制造流程相反，工艺更加复杂

■ 增材制造制造工艺比传统减材制造难度更高，工艺流程可以分为制造前处理，推挤增材制造和产品后处理三个阶段，与传统工艺相比，均有显著差异；

- **前处理离散阶段：**需要依靠计算机和特定软件将所需产品的模型搭建在系统中，再通过优化调整、分层切片、规划路径等操作完善前期准备工作。
- **加工堆积阶段：**利用3D打印设备按照规划设计的模型和路径将材料逐层堆积，获得制成品。其中粉末的制造工艺与加工工艺为该阶段最为关键的技术；
- **后处理阶段：**打印后按需将成品进行外表处理后投入使用进行实际检验，一般需要通过剥离、打磨，若是金属材料则还需要真空淬火、退火等处理，得到成品。

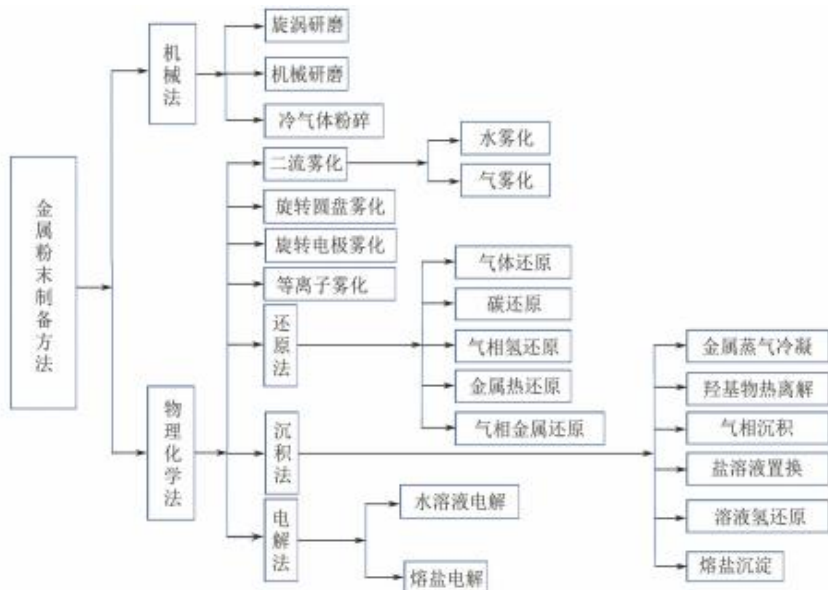
图表：3D打印工艺



■ 粉末制备工艺：目前主流的是雾化法，不同方法对应不同原材料。

- **气雾化法**：利用惰性气体在高速状态下对液态金属进行喷射，使其雾化、冷凝后形成球形粉。
- **等离子旋转电极雾化法**：生产高纯球形钛粉较常用的离心雾化技术，其基本原理是自耗电极端面被等离子体电弧熔化为液膜，并在旋转离心力作用下高速甩出形成液滴，然后液滴在表面张力的作用下球化并冷凝成球形粉末，PREP 制备的粉末较气雾化法的空心粉和卫星粉更少。
- **等离子丝材雾化法**：以纯度高的金属或合金丝为原料，以等离子枪为加热源，原料丝材被等离子体瞬间熔化的同时被高温气体雾化，形成的微小液滴在表面张力的作用下球化并在下落过程中冷却固化为球形颗粒的一种工艺。
- **射频等离子体球化法**：利用射频电磁场作用对各种气体（多为惰性气体）进行感应加热，产生射频等离子。随后粉末经过一个极大的温度梯度，迅速冷凝成球状小液滴，从而获得球形粉末。

图表：制粉工艺汇总



图表：制粉工艺对比

制粉工艺	粒径/ μm	细粉收得率 (<45 μm)/%	球形度/%	优点	缺点	适用金属	
气雾化法	VIGA	0~300	70	85~90	生产率高，只需锭形式原料，适用的合金范围广	需对金属粉末进行纯化，存在卫星粉	熔点低于1700°C的金属，如Fe、Ni、Co、Al、Cu
	EIGA	15~300	30~45	90	粒度分布宽，可满足多种工艺用粉；可生产低氧含量高洁净度的粉末	存在空心粉和卫星粉	高熔点金属和活泼金属，如Ti
等离子旋转电极法 (PREP)	45~400	15	99	制备金属粉末球形度较高，流动性好	细粉收得率低，高纯氩气成本较高	高熔点金属，如Ti、高温合金	
等离子雾化法 (PA)	0~300	32~40	95	粉末球形度高、纯净度高	金属丝材的制造成本高，生产效率低	活性金属和高熔点金属丝材，如Ti	
水雾化法 (WA)	0~500	65~90	50~70	生产率高，只需锭形式原料，成本低	粉末纯度低，颗粒不规则且含氧量高，需对粉末除水	不活泼金属	
等离子球化法 (PS)	0~200	50	85	颗粒表面光滑，可制备高熔点金属	生产率低，粉末含氧量高	高熔点金属，如Ti	

粉末制备工艺：雾化法已成主流，工艺已成熟，新技术不断涌现

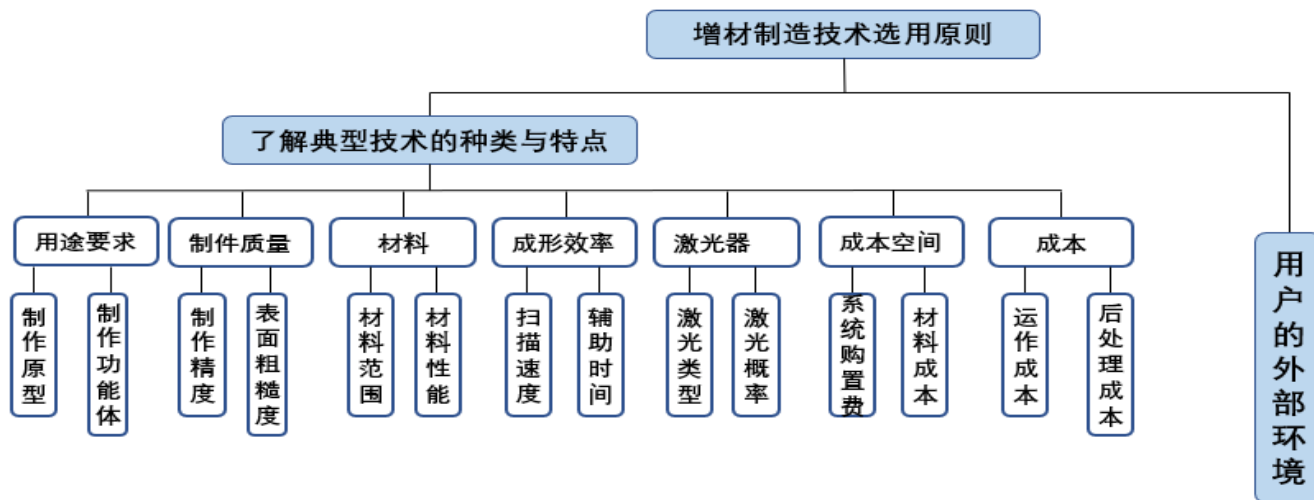
图表：国内外企业制粉方法汇总

	厂家	主要产品系列	制备技术		厂家	主要产品系列	制备技术
国外	加拿大AP&C (Arcam)	EBM硬件、金属粉末和粉末处理设备	/	国内	宁波众远新材料	非晶合金粉、铝/钛/镍基合金粉、耐热钢/模具钢粉等	/
	德国EOS	铝、钴铬合金、钢等金属粉末	/		中天上材	钛/镍基高温合金、钴铬合金、不锈钢、模具钢和新型特种合金粉末	气雾化
	加拿大Pyro Genesis	钛合金、铬镍铁合金	PAP		成都优材科技	医用钛合金粉末	/
	英国GKN	镍基、钛基、钴基、铁基粉末	气雾化法		湖南宁乡吉唯信	球形铝粉	/
	瑞典Sandvik	3D打印用金属粉末	气雾化法		有研粉材	铜合金、钛合金等	气雾化
	德国TLS Technik	TC4钛合金粉末	EIGA		浙江亚通焊材	模具钢/不锈钢/镍基合金粉/钛及钛合金/钴铬合金/铝基合金粉/铜合金粉	/
	英国LPW (被收购)	钛粉、钨粉	PS		无锡飞而康	钛/铝/镍/钴铬合金、钢等金属粉末	EIGA
	美国普莱克斯	钛合金粉末	气雾化法		湖南顶立科技	球形钛/镍/钴铬钼/铝/铁基/合金粉末	N-PREP、气雾化、水雾化
	3D Systems Corporation	3D打印金属材料	/		河南远洋粉体	球形铝粉	/
	加拿大泰克纳	等离子体系统、金属/陶瓷粉体	等离子球化		南通金源智能	铝合金、不锈钢、钛合金及高温合金粉末	气雾化
	瑞士Oerlikon	钛合金、镍基合金、钴铬合金、不锈钢、模具钢等金属材料	气雾化		广东银纳	球形钨粉、钨粉、纳米粉	/
	美国Carpenter	特种合金粉末材料	/		苏州艾诺得	美国PAC中国区代理	/
	西安赛隆金属	多种钛/铬铝合金粉末	/		安徽中体新材	铁基粉末、铝基粉末、镍基粉末、钴基粉末、钛基粉末、铜基粉末	/
	北京中航迈特	钛/铝/镍/高温合金、不锈钢、高强度等金属粉末	气雾化、PREP		西安欧中	钛/铝/镍/钴铬合金、钢等金属粉末	SS-PREP
	江苏威拉里	钛/铝/镍/钴、铜合金、钢等	气雾化		唐山威豪	镁粉	/
盘星新金属	钛合金、高温合金、钴铬合金	气雾化	台湾中佑精材	不锈钢、工具钢、TC4、钴基合金、镍基合金、铁基合金、铝合金粉末	/		
尚材三维	钛及其钛合金	/	江西悦安	不锈钢粉末、钛合金粉末、高温合金粉末	/		
江苏金物	钛合金、铝合金、镍基合金、高温高熵合金	IPCA	宁波创润	钛粉末	/		
西安铂力特	钛合金粉末等	/	江苏博迁	纳米金属粉体	PVD		
江西宝航	铝合金、钛合金、高温合金、不锈钢等	VIGA	长沙唯特	钛及钛合金、镁及镁合金、铝及铝合金、高温镍合金、不锈钢、高速工具钢粉末	/		
东莞精研粉体	超细特种金属粉	水/气雾化、等离子球化及旋转电极	湖南骅骝	软磁材料粉末、不锈钢粉末、模具钢粉末及定制类粉末	/		
广州纳联	钴基合金粉末、不锈钢粉末、钛及其合金粉末、镍基合金	/	深圳华阳	钛合金、高温合金、铝合金、不锈钢、模具钢、高强度钢等	/		
深圳微纳	形状记忆合金、钛/镍/特种钢/锡/铝合金粉末、贵金属粉末	/	英博金属	钛及钛合金等	PREP		
河北敬业	铁基合金、镍基合金、钴基合金粉末	气雾化	安徽颖元	钛合金粉末、镍基高温合金、铁基金属粉末等	/		
				宁波中物力拓	金属粉末	/	
				上海状迈	基高温合金粉、钴合金粉、钛合金粉、模具钢粉	/	

数据来源：南极熊3D打印，华福证券研究所

- **增材制造选用原则主要受用途、制品质量要求、材料、成型效率、成本、激光器以及外部环境的影响。**

图表：增材制造选用原则



- **不同3D打印技术适用于不同的打印材料。从材料角度出发：**立体光固化（SLA）采用液态光敏树脂材料；分层实体制造法（LOM）需要纸、塑料膜等片状材料，而选择性激光烧结（SLS）和选择性激光熔化（SLM）则以金属、陶瓷粉末材料为主。

图表：增材技术与粉末匹配情况

成型材料	3D打印成型技术
热塑性塑料	FDM
纸、金属膜、塑料薄膜	LOM
石膏、陶瓷粉末	3DP
液态光敏树脂	SLA/DLP/Poly Jet
金属、合金、热塑性材料、陶瓷等粉末	SLS/DML/SLS/EBM

■ **基础增材技术成熟，推动行业快速发展。** (目前主流使用的3D打印技术大致可以分为金属与非金属3D打印技术大类)

图表：主流增材技术设备结构与制造流程

大类	技术类型	设备构造	图像	制造流程
金属类	选择性激光熔化 (SLM)	上半部分:激光器 下半部分:金属粉末床 成型方式:熔化		首先将金属粉末以薄层分布在积层板上聚焦的激光在扫描振镜的控制下进行参数扫描，金属粉末在高能量激光的照射下发生熔化，快速凝固，形成冶金结合层打印任务结束后，基板下降一个切片层厚高度，继续进行粉末铺平，激光扫描加工，重复这样的过程直至整个零件打印结束。
	电子束熔化成型 (EBM)	上半部分:电子束 下半部分:金属粉末床 成型方式:熔化		在工作舱内平铺层微细金属粉末薄层，利用高能电子束经偏转聚焦后在焦点所产生的高密度能量使被扫描到的金属粉末层在局部微小区域产生高温，导致金属微粒熔融并凝固，连接形成线状和面状金属层。
	激光近净成型 (LENS)	上半部分:激光器+金属粉末喷嘴 下半部分:基板 成型方式:熔化		机器上端为大功率激光器和金属粉末喷嘴，通过计算机控制激光器和喷嘴，将金属粉末喷涂至预设位置并熔化，冷却凝固后成型，逐层重复此操作。
非金属	选择性激光烧结 (SLS)	上半部分:激光器 下半部分:添加粘结剂的粉末床 成型方式:粘结成型		由CO2激光器发出的激光束在计算机的控制下，根据几何形体各层横截面的CAD数据，有选择地对粉末层进行扫描，使粉末的温度升到熔点点进行烧结并与下面已成型的部分实现粘结，一层一层得到成品。
	光固化成型 (SLA)	上半部分:紫外线激光器 下半部分:液体光敏树脂池 成型方式:照射固化		激光器发出紫外线激光束按照零件的分层截面信息逐点扫描光敏树脂材料表面，使被扫描区域的树脂薄层产生光聚合反应而固化，工作台自上而下移动逐层叠加扫描固化出成品。
	熔融沉积成型 (FDM)	上半部分:热熔喷头 下半部分:基板 成型方式:熔化挤出		加热喷嘴至一定高度后，材料会依靠压力以长丝的形式分别通过X、Y和Z三个轴系统按照计算机建好物品的预定位置培化挤出，逐层沉积并且周化冷却，在单层填充完毕后逐层向下移动，重复此过程完成制作。
	数字光处理 (DLP)	上半部分:无额外喷头 下半部分:材料粉末床 成型方式:照射固化		形成层面建模记忆。然后把影像信号经过数字处理后以面光的形式在液态光敏树脂表面进行层层投影，每一层图像在树脂层很薄的区域产生光聚合反应固化，形成零件的个薄层，层层固化成型堆积成最终的成品
	材料喷射成形(PJ)	上半部分:特定光敏聚合性材料喷头+紫外线灯 下半部分:基板 成型方式:照射固化		将液体光聚合物层射到构建托盘上，滚轮把喷射的树脂表面处理平整，UV紫外光灯对光敏聚合材料进行固化，层层累积后形成精确的模型成品。

- 不同的技术各有特点，目前较流行的技术打印效率和精度都较好。根据其配合材料和技术的原理特点，成品的质量强度各有差别。使用非金属（工程塑料、树脂）的技术在制作过程中需要支撑结构辅佐，其中PolyJet、SLA、DLP成型速率快，由于使用树脂或光敏材料，成品精度高表面质量优，适合生产精细零件，但制品的耐热度和强度受限。而FDM虽打印速率慢，成品精度一般，但现阶段凭成本低，易操作优点被广泛使用。使用金属材料为主的SLM、EBM、SLS成品强度和密度更高、制作周期短等特点，广泛应用于工业制造、航空航天和汽车制造领域。

图表：各增材制造技术优缺点分析

	方法	使用材料及材料利用率	制作方式及周期/打印速率	制作过程	制品质量
金属类	选择性激光熔化 (SLM)	以钛合金、高温合金、铜合金、钴铬合金、高强度、模具钢等金属材料为主 材料使用率高，耗材价格适中	以点成型，制作速率低	需要设计支撑结构 (主要作用想防止激光扫描到过厚的金属粉末层，对未成形层造成塌陷)	1、制件强度高(完全熔化以后再融合，产品的强度要高于SLS) 2 成形的零件精度中等，表面经打磨、喷砂等处理可达到使用精度要求 3、成形件的力学性能好，一般拉伸性能可超过铸件水平，达到锻件水平
	电子束熔化成型 (EBM)	钛合金、钴钛合金等金属材料	打印速度快，制作用期短	部分情况会使用金属支撑结构(使用后，需要通过热处理支撑物件与成品分离)	成品强度高、密度高（能熔炼结合不同性质的难熔金属）
非金属	选择性激光烧结 (SLS)	尼龙等聚合物；铁、钛、合金等金属、陶瓷等 材料使用率高，耗材价格适中	1、以点成型，操作较简单 2、制作周期长(使用烧结技术，需经过预热、打印、冷却等耗时久的繁琐步骤)	1、无需支撑结构 2、操作过程会产生异味	1、成品强度和韧性较高 2、成品精度一般，表面光滑度低（成粉粒状）
	光固化成型 (SLA)	光敏聚合物 材料利用率一般，耗材价格高	1、以点成型，设备操作方式较复杂。 2、成型速度较快，制作周期较短。	1、需要设计工件的支撑结构 2、工作中产生较多污染，或对人体有害	1、成品精度较高，表面质量高且光滑，适用于精细零件。 2、由于使用树脂材料，制品的强度和耐热度受限，不利于长期保存。
	熔融沉积成型 (FDM)	工程塑料(PLA、ABS) 材料利用率较高，耗材价格较低	1、以点成型，提作方式简单易上手 2、制作周期长，成型速度慢	1、需要设计和制作支撑结构 2、过程不产生污染但噪音较大	成品精度较低，表面有纹理，不适用于打印高精度的装配件。
	数字光处理 (DLP)	液体树脂 材料使用率一般，耗材价格高	以面成型成型速度快，整体制造周期短（比SLA速度更快）	需要设计支撑结构。受数字光镜分辨率限制，只能打印尺寸较小产品	成品精度较高，表面质量高且光滑。 由于使用树脂材料，制品的强度和耐热度受限，不利于长期保存。
	材料喷射成形(PJ)	树脂 材料使用率适中	1、制作速度快，无需二次凝固。 2、材料沉淀效率高。	需要设计支撑结构。	成品精度高，同时成品精确率和分辨率高 适用于打印精小物品 实现多种材料、多色材料同时打印。

金属3D打印技术对比：SLM技术成当前主流技术

- **SLM 是当前金属打印主流方案，产品性价比相对占优。**通过金属 3D 打印出的产品普遍具有优异的性能，可契合航空航天&军工、医疗等行业苛刻的性能要求，但也面临整体打印成本较高（几万至几十万不等）、成品尺寸受限、生产效率较慢的问题。其中 SLM 打印性价比相对占优，具备高致密度、高强度、高精度、高利用率的优点，同时成本相对 EBM 和 LENS 较低，技术发展成熟，是当前金属 3D 打印主流的解决方案。
- **选择使用哪种金属技术需要考虑零件细节、形状、尺寸、强度、金属类型、成本、打印速度和数量等方面的因素。**

图表：各类金属增材制造技术对比

技术类型	成型尺寸	成本	最小层高	零件性能	打印速度	材料选择
FDM/Extrusion 熔融挤出成型（线材）	小到中	☆	0.05 mm	中到高	最高500 mm/s	不锈钢（316L, 17-4 PH），铜，钛，青铜，钨，铝
SLM/PBF 选择性激光熔融或激光粉末床	小到中	☆☆☆	0.02mm	高	最高25 cm ³ /h	铝、铜、镍、不锈钢和工具钢、钛、贵金属
EBM/PBF 电子束熔融或者电子束粉末床	小到中	☆☆☆☆	0.07mm	高	55 – 80 cm ³ /h	铝、铜、镍、不锈钢和工具钢、钛、贵金属
Metal Binder Jetting 金属粘结剂喷射	小到中	☆☆☆	0.035mm	高	1,500 cm ³ /h	马氏体时效钢、不锈钢和工具钢、镍、钴、钛、铝、铜、青铜
WAAM 电弧送丝	大到非常大	☆☆	1mm	高	2.2 kg/h	不锈钢和工具钢、钛、镍基合金
DED Laser 激光直接能量沉积	中到大	☆☆☆☆	0.2mm	高	500 cm ³ /h	钢、铸铁、镍合金、钛合金、铝、铜等。
DED eBeam 电子束直接能量沉积	中到大	☆☆☆	0.2mm	高	2,000 cm ³ /h	不锈钢和工具钢、镍合金、钛合金
Metal Lithography 金属立体光刻	很小到中	☆☆☆☆	0.01mm	高	最高300层/小时	不锈钢、钛、铜、镍、黄铜
Cold Spray 冷喷涂	中到大	☆☆	0.38mm	高	100 g/m	钛，铜，不锈钢和工具钢，铝，镍，铌，钽
Micro 3D Printing 微纳3D打印	很小	☆☆☆☆	0.005mm	高	-	钢、铜、贵金属

数据来源：南极熊3D打印，华福证券研究所

- **国外新技术涌现，国内专注成熟技术的完善升级。**近几年中国很少出现大幅革新的3D打印技术产品，通常都是老技术的完善和升级；但是，国外却不断涌现出一个又一个新的3D打印技术和产品。

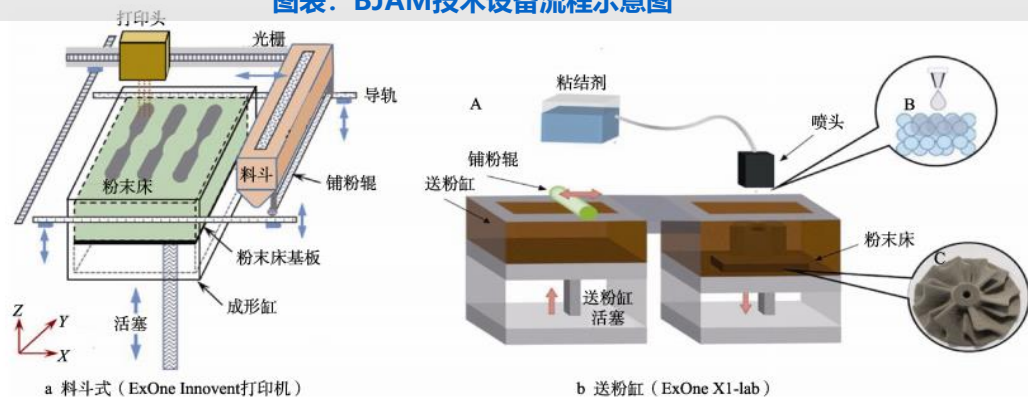
图表：新技术汇总及国内外技术对比

类型	技术	国内外对比	类型	技术	国内外对比	
金属	粘结剂喷射金属3D打印系统及后处理工艺	美国Desktop Metal、美国Exone、美国HP、美国GE、瑞典Digital Metal等已商业化运营；中国的武汉易制、北京三帝、长沙墨科瑞等正在追赶	光固化	凝胶点胶光固化3D打印	以色列Massivit 3D已大量出货 中国空白	
	无支撑金属3D打印系统	美国VELO3D已大量出货；德国SLM Solutions已装机应用；中国在研究		体积光固化3D打印	德国xolo产品接近成熟； 中国空白	
	百万激光点区域金属3D打印	美国Seurat产品接近成熟； 中国空白		紫外光固化丙烯酸聚合物3D打印建筑	美国Mighty Buildings已产业化应用； 中国空白	
	高速冷喷涂金属3D打印	澳大利亚Titomic和SPEE3D已商业化； 中国有技术研究，但缺商业化产品；		磁性数字复合材料光固化3D打印	美国Fortify已出货； 中国空白	
	纳米颗粒喷射3D打印	以色列Xjet已出货； 中国空白	聚合物	百万二极管阵列激光烧结3D打印	德国EOS即将出货； 中国空白	
	智能分层金属3D打印	美国3DEO已规模生产； 中国空白		选择性热塑照相聚合物3D打印	美国Evolve已出货； 中国空白	
	电化学沉积微纳金属3D打印	瑞士exaddon已出货； 中国空白		多射流熔融聚合物3D打印	美国惠普已大量出货； 中国空白	
	固态摩擦焊沉积金属3D打印	美国MELD已出货； 中国空白		连续碳纤维复合材料激光3D打印	美国AREVO已产业化应用； 中国空白	
	电磁液态喷射金属3D打印	美国Xerox已出货； 中国空白		其他	电子电路3D打印	L以色列Nano Dimension、美国nScrypt、美国Optomec等已商业化应用； 中国技术路线差异巨大。但杭州西湖未来智造、苏州康尼格正在产业化应用，北京梦之墨已出货。
	节能型金属3D打印	比利时ValCUN产品接近成熟； 中国空白			工业级3D打印软件	设计优化、拓扑优化、模拟仿真等基本被国外软件厂商垄断； 除了上海漫格、南京衍构、南京Amenba等极少数工业级3D打印软件厂商，和设备厂商自家软件之外，几乎空白

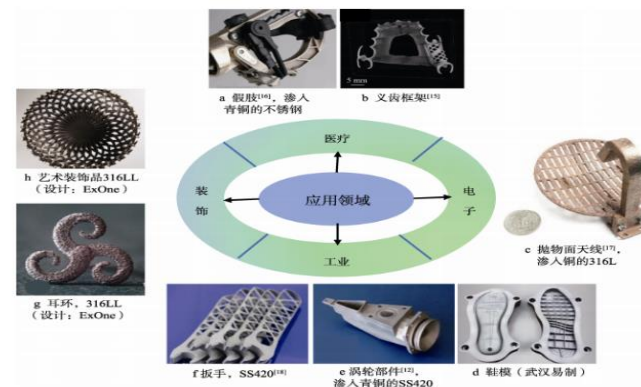
新技术：BJAM或成规模化生产工艺

- **金属粘结剂喷射技术逐渐完善，材料逐渐扩充：**BJAM 的打印材料不断扩展，从铁基材料扩展至钛合金、高温合金甚至是铝和镁等活性金属材料。BJAM 技术提供了一种经济的方法来打印具有悬垂、复杂内部特征和无残余应力的金属零件，在多个行业中具有广泛的应用前景。
- **BJAM 生产出的成品逐渐满足下游的质量需求。**高能束 AM 的金属零件性能可达到锻件水平，而 BJAM 打印的金属零件与铸件和粉末烧结件相当。BJAM打印的高温合金性能明显低于传统工艺水平，但配合热处理可得到进一步提升。

图表：BJAM技术设备流程示意图



图表：BJAM技术下游应用与设备工序



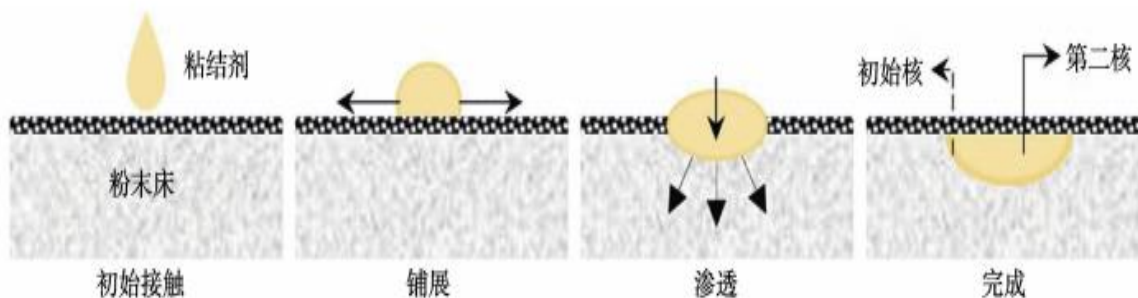
图表：BJAM技术与传统3D打印技术产成品性能对比

材料	孔隙率/%	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率/%	疲劳强度/MPa
BJAM (P系列)	3.86	198±4.8	556±5.4	66±6.2	250
	4.25	197±3.5	555±4.3	70±2.6	
	4.87	189±1.0	547±0.5	70.5±0.5	
	5.64	189±1.7	534±5.0	64±2.0	
BJAM (S系列)	3.70	196±4.0	548±6.5	80±1.0	250
	4.20	196±4.1	555±8.2	75±2.0	
	4.48	198±1.6	558±3.8	74±3.6	
	4.69	196±2.9	551±4.3	75±4.6	
SLM (P方向)	2.30	511±14.0	621±11.0	20±2.0	101
SLM (S方向)	2.30	430±11.0	510±20.0	12±1.0	—
CM	0.00	273±37.0	622±6.0	65±10.0	—

■ 在粘结剂喷射过程中，粘结剂与粉末床的相互作用直接影响打印件的几何精度、生坯强度和表面粗糙度。

- 在 BJAM 过程中液态粘结剂会填充每一层粉末间的间隙，粘结粉末形成所需的形状，选择合理的粘结剂是 BJAM 技术的关键。粘结剂必须是可打印的，只有粘结剂具有合适的粘度，才能保证形成单个液滴并从喷头的喷嘴中脱落。粘结剂粘度的选取与使用和打印头有关，对压电式喷头 SEIKO 1 020建议的粘结剂粘度在 8~12 mPa·s。同时，粘结剂需要有足够的粘结强度才能保证打印的初坯结构完整。

图表：BJAM技术设备工序与粘接剂工作原理



图表：BJAM技术不同粉末所需的粘结剂与产成品性能

材料	粘结剂	致密度	其他性能
纯铁	Zb™60	91.30%	屈服强度30.6 MPa
SS 316L	水基粘结剂	95.80%	疲劳强度 250 MPa(SLM 101 MPa)
H13	BA005	99.00%	—
17-4PH	Aqueuos	99.00%	拉伸强度 1045MPa, 延伸率4%, 硬度 330 HV10
SS 420	水基粘结剂	—	拉伸强度1053MPa
Ni 718	乙二醇单甲醚和二甘醇制成水基粘结剂	—	—
Ni 625	醇制成水基粘结剂	99.20%	抗拉强度 718 MPa, 硬度327 HV
MAR-M247	C20	99.80%	抗拉强度1105 MPa, 延伸率3.1%
纯钛	ZB60	70.00%	屈服强度 158 MPa, 杨氏模量 2.9 Gpa
Ti-6Al-4V	—	81.90%	—

图表：不同粘结剂的优缺点对比

粘结剂选择	可用材料	优点	缺点	
成分 (有机/无机)	有机粘结剂	聚乙烯、丁缩醛树脂、酚醛树脂	适用于大部分粉末材料;易去除, 残留物少	容易堵塞喷头
	无机粘结剂	硝酸铝、胶体二氧化硅	打印后加热整个粉末床粉末粘结成零件	沉积后不会立刻与粉末发生反应
成分 (酸碱分类)	酸碱粘结剂	10 wt%磷酸和柠檬酸、聚乙烯吡咯烷酮	热处理后几乎没有任何残留物	仅限于少数粉末
	金属盐粘结剂	硝酸盐、硅酸盐、磷酸盐	使用盐重结晶、还原和置换反应等结合途径	盐还原过程中松散粉末必须能够抵抗热还原
	溶剂基粘结剂	氯仿	零件纯度高	常用于聚合物
按结合机理分类	粉末床粘结剂	水泥 石膏	对某些粉末没有特异性, 通过高温完全去除; 沉积液体简单	优化步骤复杂
	相变粘结剂	二甲基丙烷	用于大多数粉末	打印后加热有限制
	烧结抑制剂	隔热材料、化学氧化剂等	零件边界处喷射	多余粉末污染零件

目 录

- PART1 蓄势待发，开启增材制造新时代
- PART2 产业链各环节加速发展，下游行业为关键
- PART3 工艺路线百花齐放，金属增材或成主流
- **PART4 制造业转型趋势，政策+专利+技术+标准，加速行业产业化进程**
- PART5 设备自主可控，上下游加速0-1-100阶段
- PART6 代表公司
- PART7 投资建议
- PART8 风险提示

驱动力一：国内国外政策持续加码，加速推动行业发展

- **欧美国家提前布局，加速3D打印行业发展：**随着3D打印技术的快速发展，许多欧美国家都推出了促进3D打印（增材制造）产业发展的政策和措施。美国将3D打印技术放入国家制造战略里，突出该技术的重要性，而欧美等国也加速对该技术的支持。
- **3D打印技术首先在各高校、科研机构展开初步研究；进入2000年，我国自研3D打印技术相对成熟后，初步实现3D打印设备的工业化；2015年以后，我国增材制造产业在“中国制造”引导下迎来高速发展契机。**

图表：各国政府3D打印政策

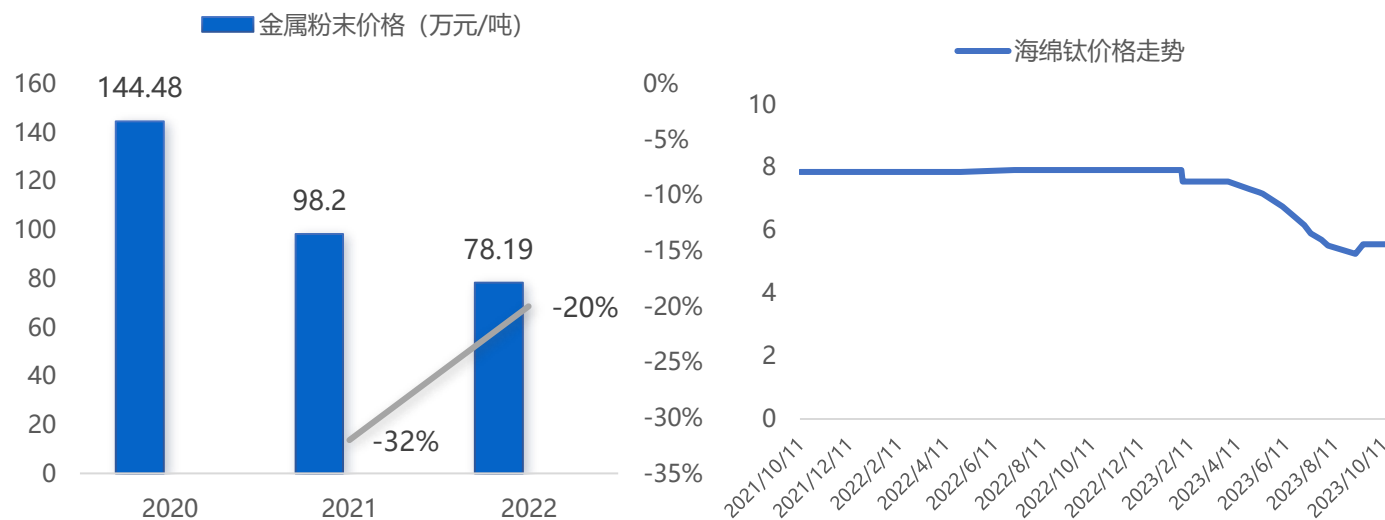
国家	相关政策	政策内容
美国	<p>2009年12月：奥巴马提出《振兴美国制造业框架》，3D打印是第一个得到政府扶持的产业。</p> <p>2016年3月：美国应用研究实验室、宾夕法尼亚州立大学联合发布了《下一代增材制造材料战略路线图》，路线图的目的是推动材料创新，并推动增材制造材料协会的成立。</p> <p>2022年：先进制造业国家战略(NSAM)，提供了迄今为止最全面详细的总结，涉及美国政府设想的增材制造将在美国制造业未来发挥的作用。</p>	<p>产业发展推进计划（2015-2016） 初步建立完善的3D打印产业体系</p> <p>“十三五”国家战略性新兴产业发展规划 打造3D打印产业链</p> <p>智能制造发展计划（2016-2020） 创新3D打印创业模式</p>
欧盟	<p>2007年-2013年期间，欧盟第七框架计划为60个3D打印联合研究项目提供了支持，总计投资1.6亿欧元（若包括私人投资，项目总额达2.25亿欧元）。</p> <p>2015年：欧盟发布《3D打印标准化路线图》，以规范3D打印技术在发展战略中的位置及方向。</p> <p>2014年-2020年：欧盟“地平线2020项目”计划框架下增材制造是关键技术之一，是“未来工厂”公私合作伙伴项目。</p>	<p>产业发展行动计划（2017-2016） 关键核心技术达到国际同步水平</p>
德国	<p>Fraunhofer增材制造联盟是德国较为著名的3D打印联盟之一，由10个著名研究所组成，该联盟不只为初入3D打印行业的企业提供合适的解决方案，还配备了数千万欧元的资金用于基础研究。此外，该联盟在大规模PPP项目（公私合作模式）中取得的研究成果提供所有成员企业使用。</p> <p>2019年2月：发布《国家工业战略2030》，将国防、航空航天、化工工业、和3D打印等十个工业领域列为“关键工业部门”。</p>	<p>首套重大技术装备推广引用指导目录 推广3D打印技术应用，规范标准体系</p>
韩国	<p>2014年：韩国科学、信息通信技术和未来规划部(MSIF)与贸易、工业和能源部一起宣布了一项3D打印10年计划，以支持该行业的发展。</p> <p>2020年：韩国总理于2020年6月召开了第12届信息和通信战略(ICT)委员会，讨论了促进3D打印产业的第二个基本计划以及其他四个问题。科技部根据《3D打印产业促进法》第5条要求，每三年制定一次“促进3D打印产业基本计划”。</p>	<p>增材制造标准领航计划（2020-2022） 预计2022年建立国际水准的标准体系</p> <p>2021年企业标准“领跑者”重点领域 将3D打印行业作为“领跑者”重点领域</p>

- **中国制造业的转型需求驱动行业发展：提升企业智能化生产水平、提升企业生产效率。**
- **主流打印技术专利保护陆续到期，产业化进程加速：**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，3D 打印设备核心专利到期。
- **成本端降价趋势逐渐由粉末传导至核心零部件与本体制造领域中。**
 - **粉末端：**粉末端近3年综合降本50%左右，大幅减小增材制造加工成本，预计未来仍有部分降本空间；
 - **零部件端：**激光器与振镜等核心零部件逐渐开始国产替代，价格也在不断下降，性能逐渐追赶国际龙头。
 - **设备端：**随着产业链整体降价，需求量提升导致设备端逐渐量产，规模效应逐渐形成；同时对性能与加工效率的要求不断提高，单台设备的零部件逐渐提升，由原来的1~2个激光器+振镜到如今 16个以上的激光器设备，零部件采购成本下降推动产业链发展。
 - **技术端：**技术的不断创新，下游应用的不断开拓，行业应用场景从0到1的突破不断出现，BJAM技术与电子束熔融技术等不断进入生产运用。

图表：主流专利到期时间

专利名称	到期日期
熔融沉积成型 (FDM) 打印专利到期	2009年
3D Systems的选择性激光烧结 (SLS)、SLA技术专利到期	2014年
选择性激光融化技术 (SLM) 专利到期	2016年
Stratasys的用于三维模型打印的成分与方法	2021年

图表：粉末端下降空间 (万元/吨)



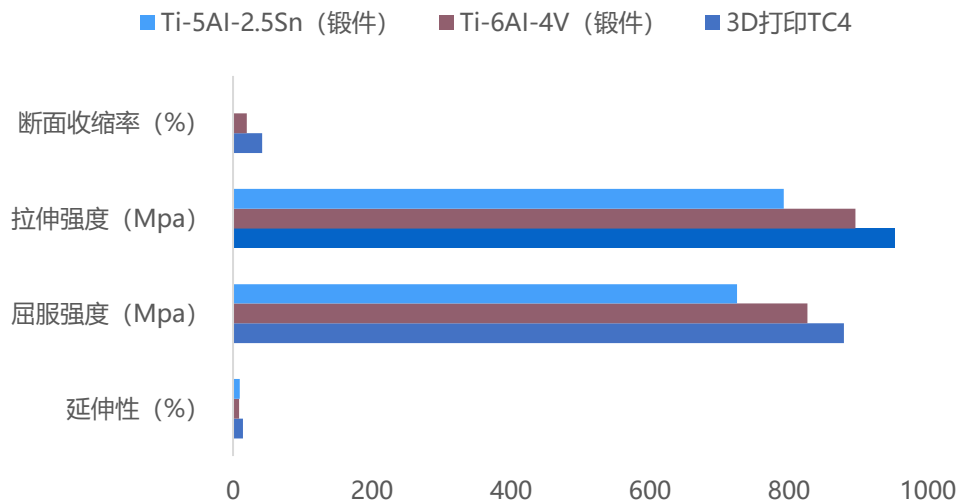
驱动力三：3D打印优越性证明：技术进步、成本下降及效率提升逐渐彰显优越性

3D打印能够快速成型，可在多品种产品生产中发挥优势。同时，在小批量情况下，3D打印技术在成本、速度和灵活性等方面优于传统制造工艺。例如，利用直接金属沉积技术，为NASA开发大型发动机衬套零件，工期缩短2到10倍。而且，在一些领域里面降本效果显著，“冷3D打印”工业储油罐成本降低50%；规模效应也开始逐渐显现，3D打印零部件平均成本由10多美元下降至1美元左右，性能也逐渐接近锻件。

图表：3D打印大幅缩短生产时间

行业	缩短时间效果
模具	通过3D打印三个完成度达到95%且仅需少量精加工的嵌件，能够将工具制造时间从180小时缩短至仅12.5小时，交付周期由六周下降到2周。
航空航天	利用直接金属沉积技术，为NASA开发大型发动机衬套零件，工期缩短2到10倍。
船舶	新技术将可能使模型船3周的生产周期缩短40%
汽车	相比较传统注塑方式可帮助汽车行业客户在原型开发方面缩短80%-90%的时间和成本
铁路	设计火车原型座椅生产周期由传统方法的16周下降到3周

图表：钛合金3D打印产品与锻件性能对比

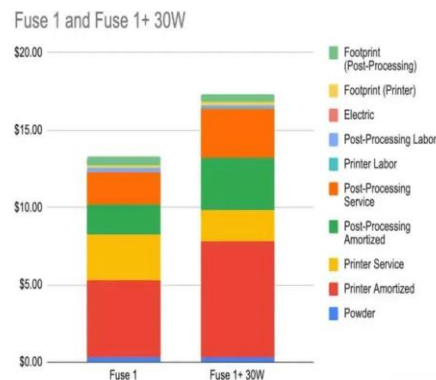


图表：3D打印具有降本优势

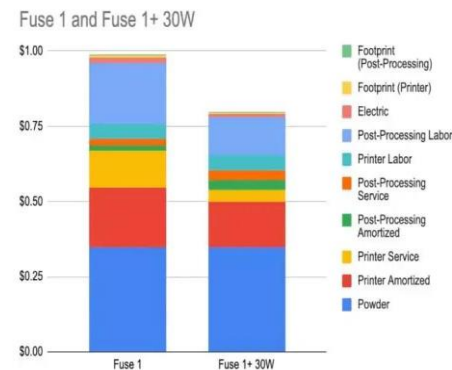
行业	效果
铁路	利用3D打印设计出由TPU 92A制成的排水塞，防止前灯破裂。在48小时内打印了十几个零件，将固定成本降低了80%。
消费	西门子助力绿色增材制造，生产成本降低73%，碳足迹减少82%
工业	采用3D打印平台后将大大减少我们对劳动力的依赖，提高我们的生产力，“冷3D打印”工业储油罐成本降低50%
工具	工业级FDM 3D打印机将工具成本降低50%，法国橡胶密封公司引入Stratasys

图表：3D打印逐渐存在规模效应

如果要生产 1000 件呢？

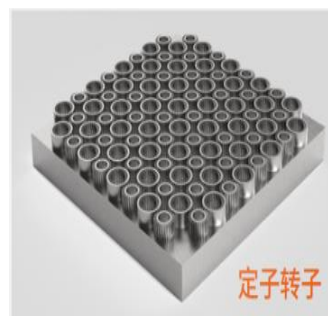


如果要生产 10 万件呢？



1、多激光器：铂力特利用八光BLT-S450设备生产满版96个定子转子仅需18.9小时，相较于使用四光BLT-S450的生产效率提高了1.8倍。

图表：铂力特多激光设备加工效率提升

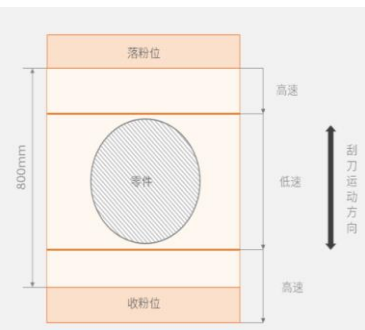


材料	整版数量	成型高度	激光数量	成形时间
不锈钢	80	20mm	4	35.2h
			6	24.4h
			8	18.9h

3、增加粉层层厚和双向铺粉：铂力特BLT-A320M采用140μm超高效率工艺，10小时内完成38个超高效率工艺热阻套打印，提升销量160%；另外，铂力特BLT-S815采用动态铺粉策略，在保证质量的同时提高效率230%。

图表：铺粉和双向铺粉对效率的提升

产品信息	零件层厚	激光功率	BLT-A320M 机时/h	BLT-A320M 效率 (g/h)
热阻	50μm	500w	25.8	251.8
	80μm	500w	16.1	407.4
	100μm	500w	14.1	438
	120μm	1000w	11.8	536.2
	140μm	1000w	10.1	603.1



2、先进扫描策略和优化大幅面风场设计：华曙高科采用先进扫描策略成功将生产火箭发动机零件用时由之前327小时缩短为96.5小时，生产效率提升338%。另外通过优化大幅面风场设计，既可实现同时出光避烟打印，又减少了各激光等待时间，从而提高效率。

图表：华曙高科通过优化扫描策略和风场提高加工效率



4、嫁接打印：以电子烟模具为例，采用华曙高科自动嫁接技术能使生产效率提高70%，粉材成本减少69%，达到降本增效的目的。

图表：嫁接打印对3D打印效率的提升

	整体打印	嫁接打印
加工时间	20小时	6小时
粉材用量	2.6kg	0.8kg
		效率提高70%
		成本减少69%

- 进入 21 世纪以来，3D 打印行业进入快速发展阶段，规范化的行业标准不断形成：
 - 2011 年，国际标准化组织 (ISO) 创建了 ISO/TC 261 增材制造及标准化技术委员会。
 - 2015 年，美国联邦航空管理局 (FAA) 委托美国机动车工程师学会 (SAE) 制定特殊认证的增材制造技术标准。
 - 2016和2019年中美陆续成立增材制造委员会。
- 我国的增材技术标准建立起步较晚，主要是在《十三五规划》的推动下，于 2016 年 4 月成立全国增材制造标准化技术委员会 (SAC/TC 562)，随后由该组织逐步建立和完善的相关标准体系

图表：国际3D打印标准颁布情况

时间	行业标准
2009年	成立全球第一个增材制造标准组织ASTM F42
2011年	国际标准化组织(ISO) 创建了ISO/TC 261 增材制造及标准化技术委员会
2015年	欧洲标准化组织增材制造技术委员会(CEN/TC438)与美国材料与试验协会增材制造技术委员会(ASTM F42)达成协议，共同构建和执行同一套增材制造标准体系，制定和实施同一套技术标准；
2016年	中国成立了全国增材制造标准化技术委员会(SAC/TC 562)

图表：中国3D打印标准颁布情况

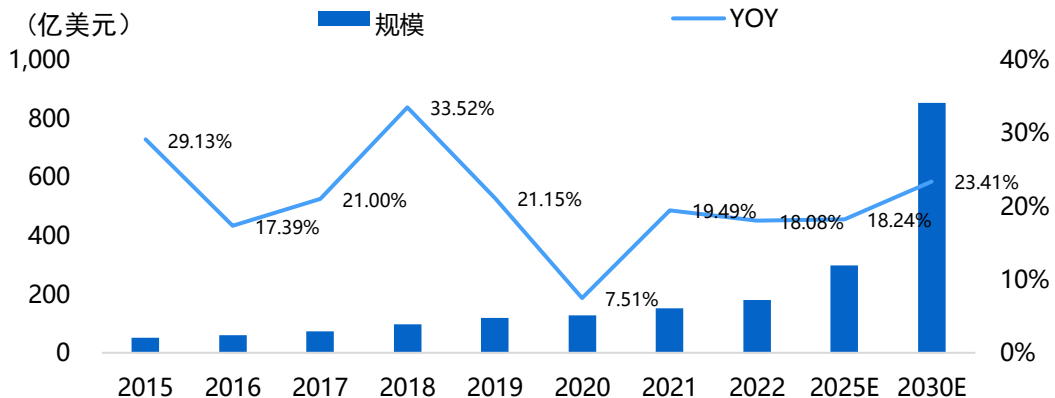
目前我国已制定的增材制造标准		
GB/T35351-2017	增材制造术语	现行
GB/T35352-2017	增材制造文件格式	现行
GB/T35021-2017	增材制造工艺分类及原材料	现行
GB/T35022-2017	增材制造主要特性和测试方法零件和粉末原材料	现行
GB/T34508-2017	增材制造粉床电子束增材制造 TC4 合金材料	现行
20151392-T-604	增材制造设计、要求、指南和建议	现行
GB/T37463-2019	增材制造塑料材料粉末床熔融工艺规范	现行
GB/T37461-2019	增材制造云服务平台模式规范	现行

目 录

- PART1 蓄势待发，开启增材制造新时代
- PART2 产业链各环节加速发展，下游行业为关键
- PART3 工艺路线百花齐放，金属增材或成主流
- PART4 制造业转型趋势，政策+专利+技术+标准，加速行业产业化进程
- **PART5 设备自主可控，上下游加速0-1-100阶段**
- PART6 代表公司
- PART7 投资建议
- PART8 风险提示

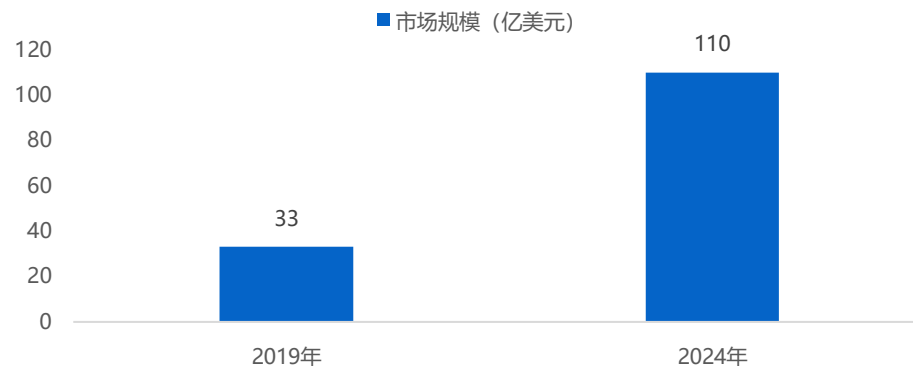
- **2022 年全球增材市场规模达到了 180 亿美元，较2021 年增长了 19.49%，**近五年GAGR=19.66%。Wohlers 预计 2030 年增材制造市场规模将达到 853 亿美元，2021-2030 年 CAGR约为 21.1%，2026-2030 年 CAGR 约为 23.4%。

图表：全球增材制造市场空间



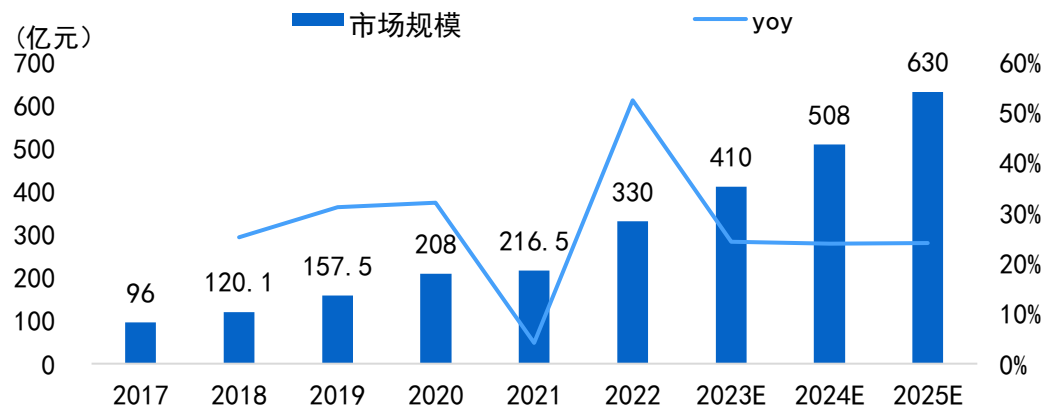
- **金属增材制造增长速度将快于整体：**2019 年全球金属增材制造市场规模为 33 亿美元，预计到 2024 年市场规模将扩张至 110 亿美元，2019-2024 年 CAGR 高达27.2%,快于整体行业增速。

图表：全球金属增材制造市场空间



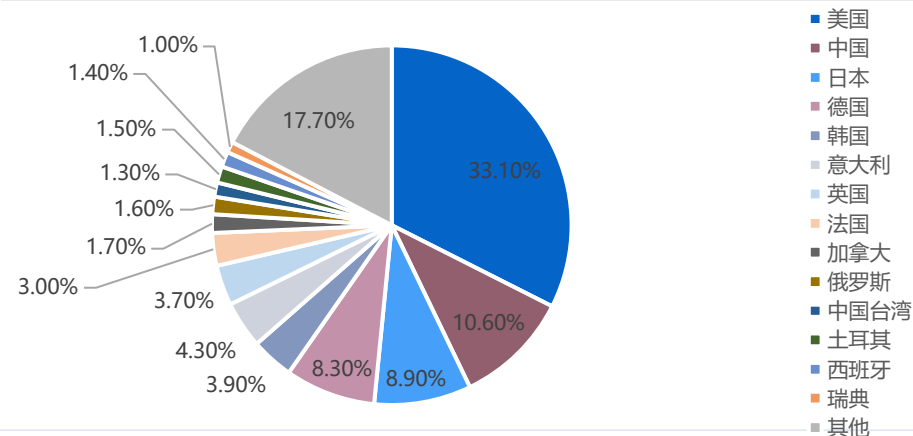
- **国内市场规模在 2022 年 330亿元，较 2021 年增长了 52.42%。**据中商产业研究院预测到2025年将达到 630 亿元，21-25 年年均复合增速为 30.61%。

图表：中国增材制造市场空间



- **中国占全球市场份额逐步提升。截至 2021 年末中国工业增材制造设备安装量市场占比 10.60%，为全球仅次于美国的第二大市场。**

图表：全球产值占比情况



- **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。
- **高性能金属粉末耗材逐渐摆脱进口：**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差距不断缩小，生产工艺差距缩小。
- **国内 3D 打印行业发展迅速，推动国产金属粉末技术和产能提升。**随着金属 3D 打印技术在航空航天、医疗等领域速渗透，市场对高端 3D 打印金属粉末需求旺盛，国内 3D 打印金属粉末厂家都在积极地进行粉末产品研制和相关生产线建设，未来国内3D 打印金属粉末制品厂家的市占率也有望逐步提升。国内光固化树脂和线材竞争较为激烈，金属材料市场需技术突破。

图表：不同种类粉末竞争格局情况

材料	代表公司	主要竞争现状	竞争程度
金属粉末材料	中航迈特、苏州英纳特、AP&C、LPV等	目前而言，国内的金属材料开始有着逐渐的突破，在铁合金和钴铬合金等金属材料中有了一定的研究性突破，但是国内的金属材料的应用领域目前还不成熟，处于不完全竞争结构。	不完全竞争
光固化树脂	上海联泰、珠海西通、3DSYSTEMS、DSM Somos 等公司	国内市场上的光固化材料主要有国产和国外的两种，国外对于光固化材料研究较早，在光引发剂等方面有着较强的技术壁垒，占据着高端的材料市场；国内的光固化材料在近年来的研究较快，出现了一些列的产品，但由于技术壁垒的原因，应用领域主要集中在医药等方面。总体来看，光固化材料的竞争较为激烈。	竞争较为激烈
线材	深圳光华伟业、Polyaaker、ProtoPlant、Stratays 等公司	线材是3D打印中最为常见的材料，竞争程度也是最大的。随着国内ABS材料的需求越来越大，国内ABS的自给率也在逐年提高，但是国外ABS材料所占的市场份额仍然巨大，PLA材料在我国也有着较大的应用和发展，目前国内已经有多家企业正在进行PLA材料的研究和生产。总体来看，线材的竞争情况激烈。	竞争激烈
其他非金属材料	湖南华曙高科 AddwiiTaulnan3DDianond 等公司	目前这些材料的正处于研发之中，所占市场份额较小，但前景较好，国内外较为领先的3D打印材料企业已经开始逐步研究，竞争情况较小。	竞争较小

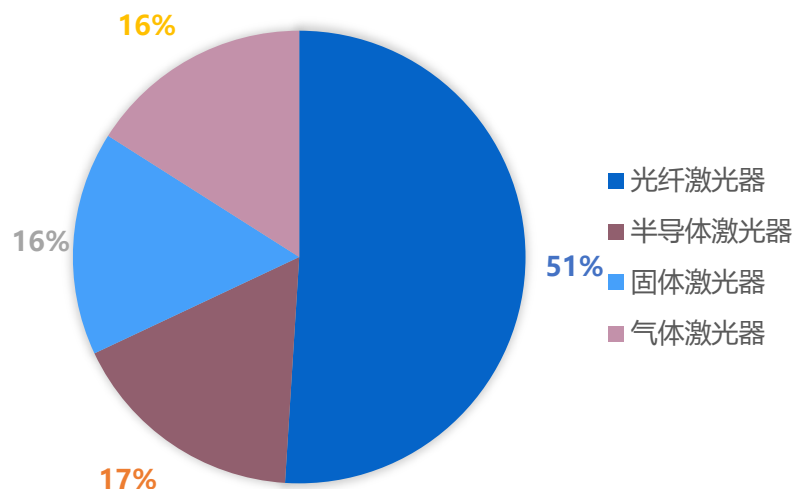
图表：国内外金属粉末性能对比

产品参数	有研粉材	TLSTechnik	参数说明	
球形度	96%	-	数值越大，性能越好	
松装密度 (g/cm ³)	1.5	1.1	数值越大，性能越好	
振实密度 (g/cm ³)	1.65	-	数值越大，性能越好	
流动性 (s/50g)	66.7	-	数值越小，性能越好	
粒度分布	D10	15-18	13-16	数值越小，性能越好
	D150	32-36	30-35	数值越小，性能越好
	D90	45-53	45-53	数值越小，性能越好
粉末夹杂	未见夹杂	未见夹杂	杂质低，性能好	

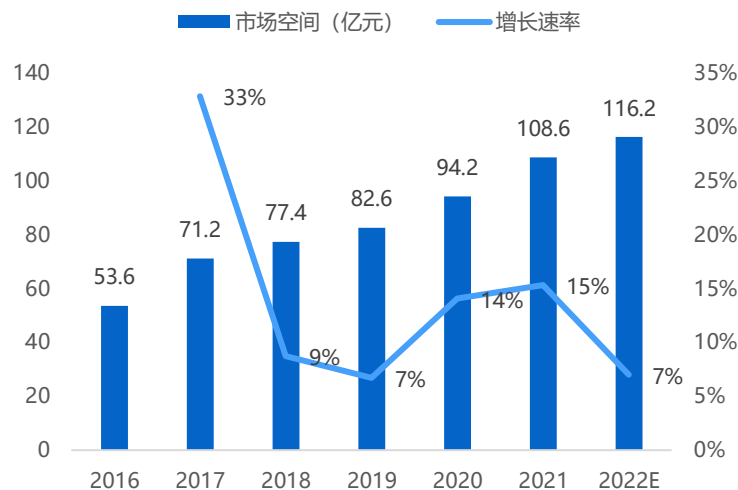
■ 激光器：3D 打印上游核心设备硬件，存在国产替代空间；

- 从价值量占比来看，金属 3D 打印设备中成本最高的是光学元器件，例如光纤激光器；并且随着设备升级，激光器在同一台 3D 打印机中安装的数量、品质也将提升，北京隆源生产的部分 3D 打印机中大型激光器占成本比重达到 40%。
- 激光器在 3D 打印设备中起到至关重要的作用，通过激光照射熔化金属粉末并使其最终成型。全产业链高度景气，预计未来复合增速将达20%。工业激光器在电子、机械、冶金、轻工等领域被广泛使用，使用场景、工艺类型不断多样化。中低功率激光器基本已实现国产替代（90%），高功率激光器国产化率近 50%。
- 从国产化角度来看，3D 打印设备商采用国产激光器的比例很低，且都是依靠国外IPG等公司，国产替代紧迫性与空间很大。

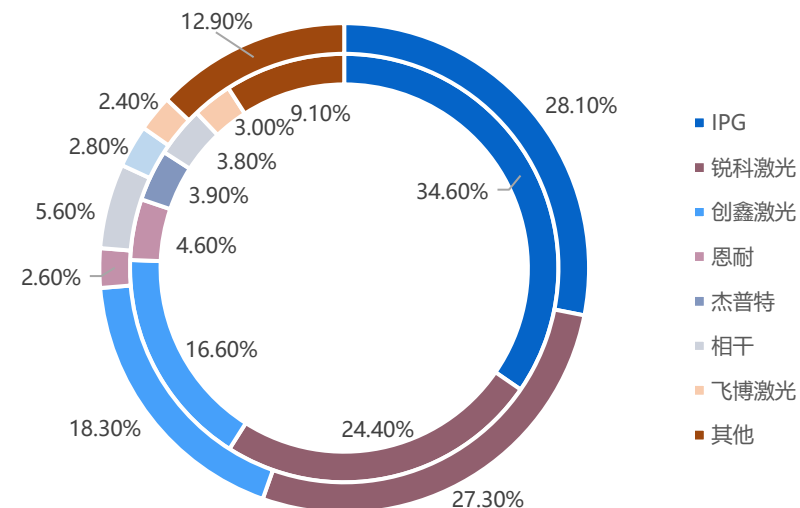
图表：中国各类激光器市场占比情况



图表：中国光纤激光器市场规模



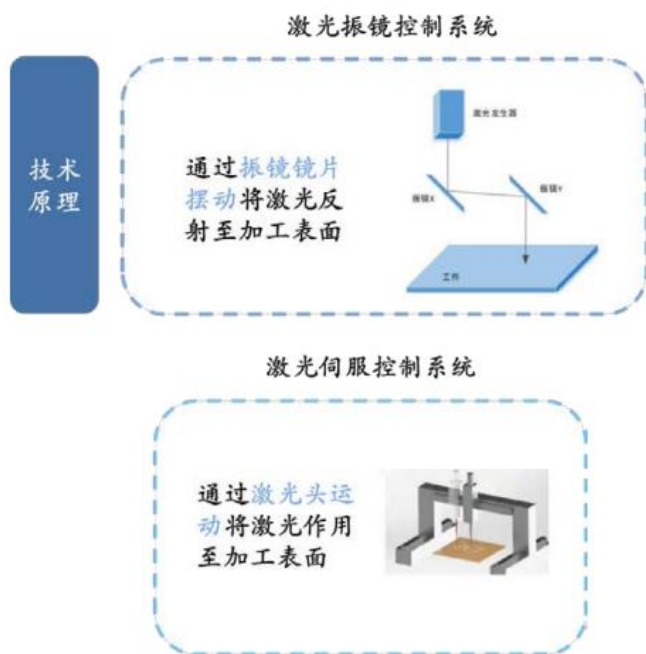
图表：2021和2022年激光器市场格局



■ 激光加工控制中心：大脑，分振镜和伺服控制系统两大技术：

- 控制系统是整个激光加工设备的“大脑”。激光加工技术通过激光加工成套设备实现。激光加工成套设备是由激光器、数控系统、光学部件、机械部件、电气控制几大部分集成而成。其中，控制系统属于整个激光加工设备的“大脑”部分，属于核心部件之一，所有的配件均是通过控制系统来协调和控制运作的。
- 从技术路线划分，激光加工控制系统可以划分为振镜控制系统和伺服控制系统两大主流技术路线。振镜控制聚焦于“高精密+超快+小幅面”，伺服控制聚焦于“高功率”。
- 国产激光控制系统企业主要包括柏楚电子、金橙子、维宏股份。金橙子激光加工控制系统主要产品为振镜控制系统为主（2020市占率32.29%，行业领先），目前伺服处在刚起步阶段；在激光振镜加工控制系统领域，柏楚电子、维宏股份占大多份额，其中柏楚电子是伺服控制系统领先企业。

图表：振镜控制系统技术原理与软件控制对比



图表：振镜控制与伺服电机控制的区别

类型	核心控制能力体现	激光器适配性	速度	精度	应用覆盖面
高精密振镜控制	高精度、高速度及各种微加工等	适用包括气体、固体、光纤等多种介质，连续、脉冲等各种运转方式，从1W至上万W不同功率的多种激光器类型	插补周期的控制10微秒（部分领域，如光伏可达2微秒）。设备最高运动速度可高达3,600米/分钟甚至更高（如光伏电池划线）	根据材质不同，常规在0.5um-10um之间，如对电子产品屏幕等薄脆材料一般在5um左右。	适用于精密加工，包括超快激光等前沿应用；激光焊接、增材等连接应用，应用覆盖面广。
伺服电机控制	主要应用于大幅面金属切割，强调切割厚度	通常使用连续、光纤激光器，通常功率集中在500-2000W，并根据需求提高及速度	插补周期以1毫秒、500微秒为主，少数高速场景200微秒。设备的最高运动速度通常不超过120米/分钟	切割对精度要求低于精密加工，如板材切割常规要求50um左右	适用于大功率切割

■ 振镜：受下游需求释放行业快速增长；

- 振镜产品由光学扫描头、电子驱动放大器和光学反射镜片组成，主要配套振镜控制系统使用。振镜可分为 2D 振镜和 3D 振镜，其中 2D 振镜主要用于激光二维表面处理及打孔等去除微加工，以及增材制造等场景；3D 振镜增加了三维处理功能，主要用于激光三维曲面的表面处理、雕刻、清洗等去除微加工，以及焊接、增材制造等场景。
- 高端振镜依赖进口，高精密、定制化成未来发展方向。据维科网产业研究中心统计，2014-2022 年，我国振镜生产企业数量由 10 家以内增长至超过 20 家。头部厂商包括大族激光、世纪桑尼、金海创、智博泰克等企业，但产品主要集中在中低端，高端市场由美国 CTI、德国 Scanlab 和 Raylase 等国外企业占据。在高精度标刻、划线、钻孔领域，国产振镜与国外厂商仍有较大差距。未来国产振镜企业将逐步增强高精密、定制化振镜生产能力，提升高端市场占比，进一步增强盈利能力。

图表：2D振镜与3D振镜技术原理及应用对比

产品名称	技术原理	功能	应用场景
2D振镜	主要由X轴和Y轴镜片和驱动镜片的电机构成，通过驱动控制器接受电信号转化为摆动动作，继而通过将激光反射实现控制激光加工轨迹及加工效果的目的	主要应用于平面加工处理	激光二维表面处理及打孔等去除微加工，以及增材制造等激光连接应用
3D振镜	3D 振镜在X轴、Y轴的基础上增加Z轴运动部件，可实现三维变焦	相比 2D 振镜增加三维处理功能	激光三维曲面的表面处理、雕刻、清洗等去除微加工，以及焊接、增材制造等激光连接应用

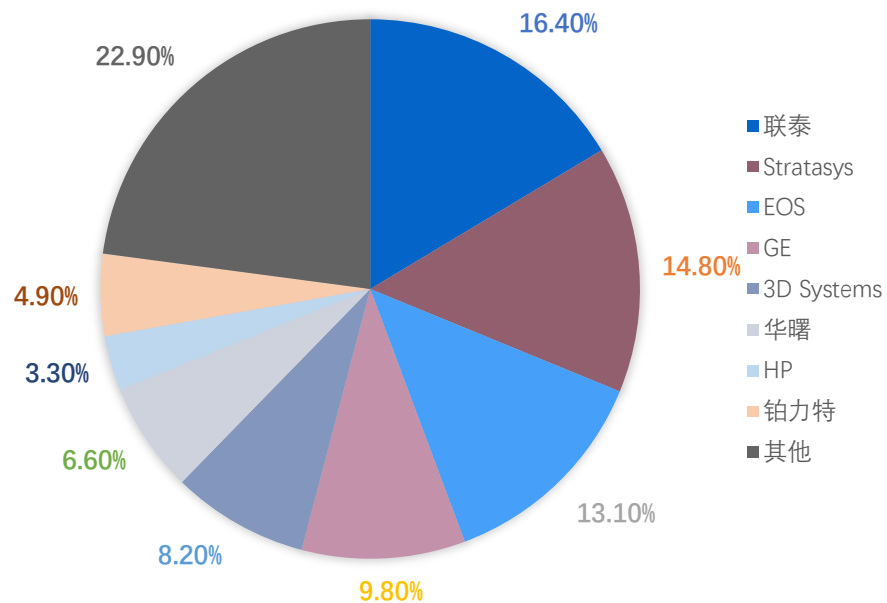
图表：激光振镜领域行业主要参与者以及性能对比

公司	成立时间	振镜类型	性能指标	金橙子	德国Scanlab VarioSCAN 20	
国外公司	美国CTI	1978	激光扫描振镜	跟随误差 (ms)	0.6	0.9
	德国Scanlab	1990	激光扫描振镜	电机移动速度(mm/s)	≤350	≤140
	德国Raylase	1999	激光扫描振镜	光斑速度 (调焦范围+30mm) (mm/s)	≤4200	≤4200
国内公司	大族激光	1999	光电振镜、光栅振镜和三轴振镜等高端振镜	可重复性(um)	< 0.5	< 1
	世纪桑尼	2001	振镜扫描仪	长期漂移 (um)	< 3	< 6
	金海创	2001	二维振镜、智能振镜、激光清洗振镜、美容振镜、高功率振镜	非线性度(FS)	0.05%	1.50%
	金橙子	2004	2D振镜、3D振镜	采样频率 (KHZ)	100	16.5
	菲镭泰克	2014	2D振镜、2.5D振镜、3D振镜			
智博泰克	2015	二维扫描振镜、三维扫描振镜、激光清洗振镜、激光美容振镜				

设备：欧美市占率较高，国产替代加速进行

- **金属 3D 打印新老企业并存，老牌企业地位稳固，小型企业发展迅速，中低端市场竞争激烈，** 美国企业以非金属材料为主，欧洲企业更偏向于金属材料领域。老牌金属 3D 打印巨头在早期引领了产业的发展，凭借技术优势和企业的深厚底蕴，已经拥有较高的市场份额和客户认知度，并且老牌龙头企业大多与客户高度绑定，地位相对稳固。
- **当前国内 3D 打印设备逐渐开始国产替代。** 竞争格局方面，当前国内 3D 打印设备市场较为分散。金属 3D 打印国产替代空间优于非金属 3D 打印。
- **金属 3D 打印总体技术路线趋于稳定，不同企业技术路线相似，新型技术应用空间有限，较难形成竞争优势。**

图表：3D打印设备行业市场份额占比



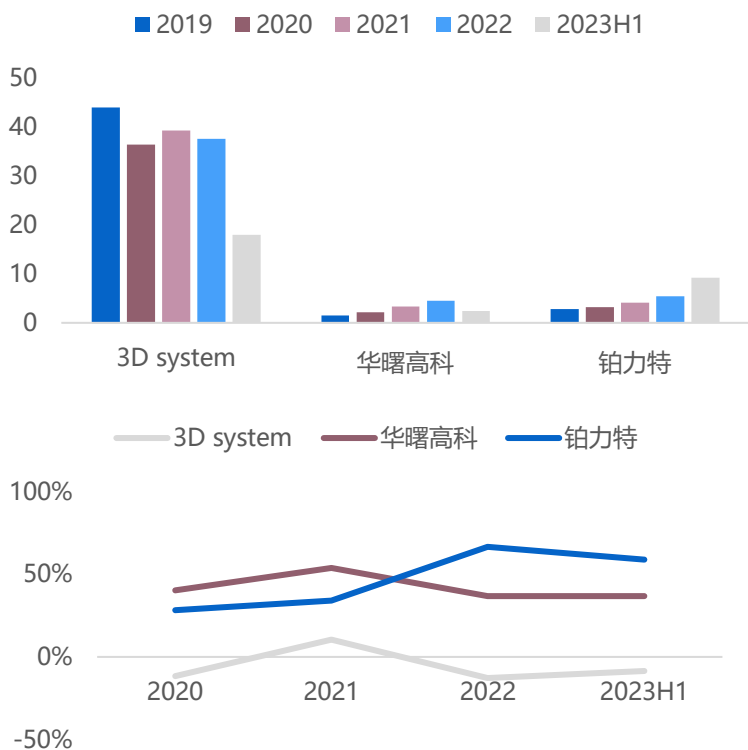
图表：中国3D打印设备公司产业链布局情况与业务竞争力评价

企业	产品布局			应用领域	核心技术	业务竞争力
	打印材料	打印设备	打印服务			
铂力特	√	√	√	航空航天、工业机械、高校科研、医疗	SLM、LSF、WAAM	*****
先临三维	-	√	√	精准医疗、智能制造	FDM、SLA	*****
华曙高科	-	√	√	航空航天、汽车、医疗	光纤激光烧结技术	****
创想三维	√	√	√	民用消费领域	FDM、SLA	****
联泰科技	√	√	√	电子电器、口腔智齿、鞋业制造	SLA、SLS、SLM、FDM	****
中航迈特	√	-	-	金属材料领域	激光熔覆/高速激光熔覆	***
纵维立方	√	√	-	珠宝设计、医疗、教育	FDM、SLA	***
中瑞科技	√	√	√	航空航天、汽车、电子	SLA、SLS、SLM、FMS	***
闪铸科技	√	√	-	产品原型开发	FDM、DLP	***
峰华卓力	-	√	-	汽车、泵阀	砂型3D打印技术	**
中科煜宸	-	√	√	汽车、科研	LDM、WAAM	***
共享集团	-	√	√	智能装备、电子制造	砂型3D打印技术	*
光华伟业	√	√	-	建筑、消费	LCD	*

设备：欧美市占率较高，国产替代加速进行

- **从营收规模来看：**在可获悉数据的四家公司中，3D Systems 2022 年营收达到了37.47 亿元，处于领先地位。铂力特以 5.52 亿元的营收规模位居第二。
- **从产品特点来看：**铂力特/华曙产品的成型尺寸、激光器数量配置都与国外竞争对手相比都有一定的竞争优势。
- **金属设备生产方面：**国内具备工业级 3D 打印机量产能力的企业较少，龙头企业包括铂力特、华曙高科、易加三维等，在设备制造能力与软件优化方面与海外巨头相差不大。
- **国内企业发展时间较短，整体营收规模和市占率水平较低，国内优质企业领衔开展市场培育与国产替代进程，由代理逐步走向自产，基于成本和需求端的一定优势，发展前景良好。**

图表：主要公司营收及增速情况（亿元，%）



图表：国内外3D打印设备性能对比

指标	华曙高科	同行业竞争对手				说明	华曙指标先进性水平
		EOS	SLM Solutions	3D systems	铂力特		
最大成形尺寸 (mm×mm×mm)	1330x700x1700	450x450x1000	600x600x600	500x500x500	1200x600x1500	成形尺寸越大。设备设计、制造难度成倍增加；	国际领先
光学系统	动态聚焦技术、定焦技术可选	定焦技术	动态聚焦技术	/	定焦技术	定焦技术适合批量化生产:动态聚焦技术难度更高,更灵活	国际先进
振镜最大扫描速度 (m/s)	15.2	7	10	/	7	最大扫描速度越快,可有效减少激光扫描跳转时间,生产效率越高	国际先进
软件	全自主研发	设备控制软件自研,数据处理软件购买第三方	设备控制软件自研,数据处理软件购买第三方	全自主研发	设备控制软件自研,数据处理软件购买第三方	全系列软件自主研发,数据安全性更高,	国际领先

■ 国内金属3D打印机保有量超3500台，产业应用不断崛起。

- 作为全球的制造业大国，截至2023年，我国CNC机床的保有量将超过300万台，占世界CNC机床保有量的近1/3。
- 根据南极熊近期的统计和估算，国内用于加工服务的金属3D打印机保有量超过3500台，这些设备的年产出额大约在几十亿元的规模。

图表：国内外3D打印设备性能对比

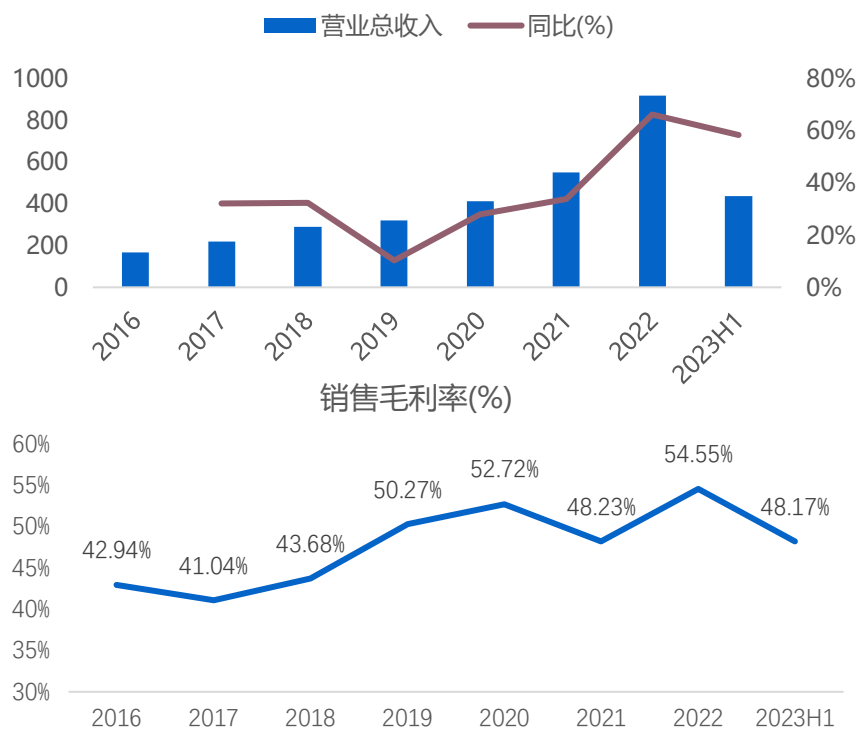
3D打印服务商	金属3D打印机数量	设备详细情况
南京铖联激光科技有限公司	1000+台	在全球成功建立300多个云工厂，进入美国、加拿大、意大利等全球27个国家。金属3D打印机累计装机量超1000台，日生产活动支架10000个，金属牙冠100000颗，服务超1500家义齿工厂。
西安铂力特	380台	拥有增材制造装备约380台，累计激光数量近1400个，相关分析检测装备100余台，为客户提供金属增材制造全套解决方案，业务涵盖金属3D打印设备的研发及生产、金属3D打印定制化产品制造、金属3D打印原材料的研发及生产、金属3D打印结构优化设计开发及工艺技术服务（含金属3D打印定制化工程软件的开发等），构建了较为完整的金属3D打印产业生态链，整体实力在国内外金属增材制造领域处于领先地位。
金石三维	150台	智能制造基地布局全国，在江西萍乡、重庆渝北、浙江平湖、广东珠海、湖南长沙、江苏苏州等地设有子公司，目前公司旗下拥有19家子公司，自有土地130余亩，厂房面积超15万平方米，装机设备超千台。2023年最新落地广东珠海生产基地已布局300余台套工业级打印设备
鑫精合	100+台	公司拥有激光选区熔化、激光同轴送粉、激光熔覆等多条智能制造生产线，共计百余台装备，承接金属3D打印服务项目。其中包括镭明激光大中小12种型号66台激光选区熔化设备，可实现最小φ80mm×100mm，最大800mm×800mm×1660mm零部件的成形打印。现主要服务于航空航天、能源动力、汽车制造、模具制造、教育科研、医疗、文创等诸多领域。
创瑞激光	上百台	共拥有单激光、双激光、三激光、四激光等全系列上百台SLM打印设备。
厦门华易迅	105台	拥有上百台中瑞的金属3D打印机，是专业SLM金属3D打印服务提供商
安徽兴瑞增材	80+台	拥有多尺寸SLM金属3D打印双激光设备、大尺寸及超大尺寸SLA、DLP光敏树脂3D打印设备、陶瓷3D打印设备、大尺寸FDM高分子材料打印设备及后处理设备300台套。可为用户提供金属、光敏树脂、陶瓷、工程塑料等十余种高性能材料打印服务，可制作多种耐高温、高强度、高韧性的3D打印产品。
广州瑞通	60+台	与国内近1000家义齿厂建立深度合作，锦冠桥义齿、富乔义齿、华新义齿、卓越义齿、速诚义齿、康隆义齿、丽尔美义齿等，设备出口至50多个国家，全球正在投入使用的金属3D打印设备超过1000台。
中科祥龙	51台	具有3D打印、后处理、机械加工、表面处理、成品检测的全链条批量化制造能力。现拥有工业级金属3D打印设备51台，其中大型设备11台，中小型设备40台，能够实现二十余种不锈钢、铝合金、钛合金、高温合金等材料的零件批量化制造。
中科煜宸	50台	专业从事激光增材制造装备(3D打印)、智能激光焊接装备、自动化生产线、核心器件和金属粉末的研发与制造。大型送粉式金属3D装备采用具有自主知识产权的核心部件，其成果已广泛用于航天航空、科研院校、汽车、船舶、模具等行业。在南京、太仓、沈阳装机铺粉金属3D打印机约30台，送粉，送丝，增减材一体成型设备约20台。
其他	1400台	飞而康、宁波匠心、联空智能、河北敬业增材、钢研极光、未来工场、研究院等

目 录

- PART1 蓄势待发，开启增材制造新时代
- PART2 产业链各环节加速发展，下游行业为关键
- PART3 工艺路线百花齐放，金属增材或成主流
- PART4 制造业转型趋势，政策+专利+技术+标准，加速行业产业化进程
- PART5 设备自主可控，上下游加速0-1-100阶段
- **PART6 代表公司**
- PART7 投资建议
- PART8 风险提示

- **铂力特背靠西工大，深耕工业级金属 3D 打印领域多年，当前已实现金属增材制造全产业链布局。**纵观工业级 3D 打印设备领域，铂力特当前为绝对龙头，公司在技术、产能、成品质量三方面领先国内竞争者，新进入者威胁较小。
- **毛利率高位企稳，细分领域营收持续高增。**铂力特近三年在维持高毛利率的同时营收仍保持高速增长。分下游应用行业来看，航空航天领域在毛利率高于 50% 的情况下连续三年增长，2022 年同比增速为 66.32%。
- **铂力特产学研融合的发展战略助力公司快速发展。**背靠研发能力强劲的高校实验室，使得 2011 年成立的铂力特经过十余年的发展后，在技术方面比肩海外具有 30 年历史的龙头。
- **注重研发一以贯之，产品质量较高。**从研发投入、专利、产能、产品成熟度角度看，公司表现均为行业领先地位。

图表：营收稳定增长，高毛利企稳



图表：铂力特设备性能对比情况

技术指标参数	EOS-M400	铂力特-S500	铂力特-S600
最大成型尺寸	400mm X400mm X 400mm	400mmX400mmX1500mm	600mmX600mmX600mm
分层厚度	20-100um	20-100um	20-100um
激光器功率及数量	1000W*1	500W*4	500W*4
激光器光束质量	M2 < 1.1	M2 < 1.1	M2 < 1.1
最大扫描速度	7m/s	7m/s	7m/s
重复定位精度	+5um	+5um	+5um
最高预热温度	200C	200C	200C
氧含量	/	≤200ppm	≤200ppm
铺粉方式	前后双向铺粉	左右双向铺粉	前后双向铺粉
可打印材料	铁合金、铝合金、钴铬合金、高温合金、不锈钢、模具钢等	铁合金、铝合金、钴铬合金、高温合金、不锈钢、模具钢等	铁合金、铝合金、钴铬合金、高温合金、不锈钢、模具钢等

- **3D打印龙头，中国领先工业级增材制造技术全套解决方案提供商**；同时具备 3D 打印设备、材料及软件自主研发与生产能力的增材制造企业，华曙高科专注于工业级增材制造设备的研发、生产与销售，向全球提供高端金属（SLM）增材和高分子（SLS）增材制造设备。
- **下游在巩固航空航天与模具市场后，开拓汽车领域市场，2022年上半年汽车领域收入占比25.02%**。公司助力航空航天产业化用户切实有效地解决大尺寸件、超薄壁件、复杂内流道结构、异形结构等工件打印痛点，且和各大主流车企合作生产商用车零部件。
- **过去3年营收、归母净利润GAGR为43.33%和140.65%；毛利率与净利率在2022年达53.32%和21.72%，维持高位。**

图表：国内外主要厂商市占率情况

可比公司	国家	主要增材设备技术路线	2021年度		软件著作权(项)	已授权发明专利
			设备销售数量(台)	市场占有率		
EOS	德国	SLM、SLS	-	-	/	/
SLM Solutions	德国	SLM	-	2.15%	/	/
惠普(HP)	美国	MJF	-	-	/	/
3D Systems	美国	SLA、SLS、SLM	-	6.89%	/	/
铂力特	中国	SLM、LSF、WAAM	140	1.06%	23	67
华曙高科	中国	SLM、SLS	133	1.42%	34	144

图表：华曙高科设备与国际设备性能对比

指标	华曙高科	同行业竞争对手			说明	华曙指标先进性水平
		惠普(HP)	EOS	3D Systems		
最大成形尺寸(mm×mm×mm)	1000x500x450	380x284x380	700x380x580	550x550x750	幅面越大，可成形零件尺寸越大，数量越多	国际领先
激光器数量(个)	4		2	1	激光数量越多成形效率越高	国际先进
激光器种类	CO ₂ /光纤激光器可选	/	CO ₂ 激光器	CO ₂ 激光器	光纤激光器打印精度和效率更高	国际领先
振镜最大扫描速度(m/s)	20	/	12.7	12.7	扫描速度越快，打印成形效率越高	国际先进
最大激光功率(w)	500	/	120	100	激光功率越大，烧结效率越高	国际领先

目 录

- PART1 蓄势待发，开启增材制造新时代
- PART2 产业链各环节加速发展，下游行业为关键
- PART3 工艺路线百花齐放，金属增材或成主流
- PART4 制造业转型趋势，政策+专利+技术+标准，加速行业产业化进程
- PART5 设备自主可控，上下游加速0-1-100阶段
- PART6 代表公司
- **PART7 投资建议**
- PART8 风险提示

- 3D打印技术逐步趋于成熟，随着加工效率的提升、工艺的成熟、规模效应的释放，成本有望进一步降低，我们看好3D打印产业链前景。近期产业链持续催化，加速突破0-1阶段，未来3D打印大规模生产指日可待，当前A股上市的3D产业链标的相对较少，以铂力特为代表的相关标的均处于细分领域龙头地位。当前潜在产业链投资机会主要聚焦于提前布局、具备国产替代能力、细分领域龙头的企业，以铂力特为代表的3D产业链相关企业有望随未来市场整体扩容而受益。

表：3D打印行业产业链投资建议

板块	股票代码	名称	总市值	股价	PE				EPS				营收	
					2022A	2023E	2024E	2025E	2022A	2023E	2024E	2025E	2022	2023H1
上游	600206.SH	有研粉材	29.16	28.13	52.59	36.51	21.57	15.00	0.53	0.77	1.30	1.88	27.7613	12.6442
	688291.SH	金橙子	30.91	30.11	79.10	53.07	37.56	27.77	0.48	0.57	0.80	1.08	1.9611	1.0835
设备	688433.SH	华曙高科	139.62	33.71	140.77	85.82	58.27	40.60	0.27	0.39	0.58	0.83	4.5240	2.3875
	688333.SH	铂力特	178.80	111.58	224.90	69.36	39.63	26.19	0.70	1.61	2.82	4.26	9.1222	4.3435
服务	300337.SZ	银邦股份	59.18	7.20	87.93				0.08				39.2989	21.3624
后处理	300606.SZ	金太阳	40.58	28.96	157.02				0.18				3.9195	1.9632

数据来源：Wind一致预期，华福证券研究所（截至2023-10-30）

目 录

- PART1 蓄势待发，开启增材制造新时代
- PART2 产业链各环节加速发展，下游行业为关键
- PART3 工艺路线百花齐放，金属增材或成主流
- PART4 制造业转型趋势，政策+专利+技术+标准，加速行业产业化进程
- PART5 设备自主可控，上下游加速0-1-100阶段
- PART6 代表公司
- PART7 投资建议
- **PART8 风险提示**

- **1) 3D 打印产业下游需求增长不及预期。**
 - 3D 打印产业下游需求军用方面，依赖技术研发、突破；下游需求民用方面可选消费属性强，依赖产业链升级和消费升级。
- **2) 国际贸易摩擦加剧风险。**
 - 当前在 3D 打印设备生产中仍存在部分零部件、原材料粉末依赖进口的情况，且国内部分 3D 打印设备公司存在代理海外设备情况。贸易摩擦、政治博弈、欧美制裁等潜在风险可能会限制高端产品出口，或对设备生产公司业绩产生影响。
- **3) 行业竞争加剧**
 - 3D 打印核心专利保护期结束后布局 3D 打印业务的公司逐渐增加，受技术端影响行业具有后发优势，从而引起行业竞争加剧。
- **4) 下游预研目标产品研制、批产进度存在较大不确定性。**
 - 若金属增材制造应用于下游高端装备，则可能会受到下游高端装备研制进度、批产进度的影响，产品创收及盈利存在较大的不确定性及波动性。

分析师声明

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

一般声明

华福证券有限责任公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告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客户。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。

本报告的信息均来源于本公司认为可信的公开资料，该等公开资料的准确性及完整性由其发布者负责，本公司及其研究人员对该等信息不作任何保证。本报告中的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，之后可能会随情况的变化而调整。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及资料保持在最新状态，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。

在任何情况下，本报告所载的信息或所做出的任何建议、意见及推测并不构成所述证券买卖的出价或询价，也不构成对所述金融产品、产品发行或管理人作出任何形式的保证。在任何情况下，本公司仅承诺以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告以供投资者参考，但不就本报告中的任何内容对任何投资做出任何形式的承诺或担保。投资者应自行决策，自担投资风险。

本报告版权归“华福证券有限责任公司”所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。未经授权的转载，本公司不承担任何转载责任。

特别声明

投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其本公司的关联机构可能会持有本报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司正在提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

投资评级声明

类别	评级	评级说明
公司评级	买入	未来6个月内，个股相对市场基准指数涨幅在20%以上
	持有	未来6个月内，个股相对市场基准指数涨幅介于10%与20%之间
	中性	未来6个月内，个股相对市场基准指数涨幅介于-10%与10%之间
	回避	未来6个月内，个股相对市场基准指数涨幅介于-20%与-10%之间
	卖出	未来6个月内，个股相对市场基准指数涨幅在-20%以下
行业评级	强于大市	未来6个月内，行业整体回报高于市场基准指数5%以上
	跟随大市	未来6个月内，行业整体回报介于市场基准指数-5%与5%之间
	弱于大市	未来6个月内，行业整体回报低于市场基准指数-5%以下

备注：评级标准为报告发布日后的6~12个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的相对市场表现。其中，A股市场以沪深300指数为基准；香港市场以恒生指数为基准；美股市场以标普500指数或纳斯达克综合指数为基准（另有说明的除外）。

诚信专业 发现价值

联系方式

华福证券研究所 上海

公司地址：上海市浦东新区浦明路1436号陆家嘴滨江中心MT幢20层

邮编：200120

邮箱：hfyjs@hfzq.com.cn

