

金属 3D 打印应用加速落地推动产业发展，4D 打印拓展增材制造内涵 ——科技制造行业 2023 年 智能制造系列 增材制造之 2

所属部门：行业公司部

报告类别：行业研究报告

报告时间：2023 年 3 月 30 日

分析师：孙灿

执业证书：S1100517100001

联系方式：Suncan@cczq.com

北京：东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 6 层，100005

深圳：福田区福华一路 6 号免税商务大厦 32 层，518000

上海：陆家嘴环路 1000 号恒生大厦 11 楼，200120

成都：高新区交子大道 177 号中海国际中心 B 座 17 楼，610041

❖ 增材制造不仅是 3D 打印，4D 打印的发展丰富了增材制造的内涵

3D 打印通常被认为是增材制造技术的“俗称”。因此，在很长一段时间内乃至今日，很多人都认为“3D 打印”和“增材制造”是同一概念，具有完全相同的含义。然而，增材制造技术经过三十多年的发展，其含义逐渐发生变化，内涵逐渐丰富，随着 2013 年 4D 打印概念的提出，我们认为增材制造和 3D 打印“同一性”的固有思维应该被打破，4D 打印也成为了增材制造技术的重要内容。

❖ 3D 打印技术不断成熟，是增材制造的主流应用，推动制造模式的加速创新和演进

增材制造技术是基于离散、堆积的思想，按照零件三维模型的数据，逐层堆积材料最终形成实体零件。相比较于传统的切削“减材”加工工艺，该技术最大优势是摆脱传统刀具的束缚、降低工序、节约材料、极大缩短产品的生产制造周期，尤其适合于小批量的产品制造。而且因为不需要进行减材制造的流程规划，所以很大程度上简化了生产复杂零件的流程，颠覆了传统制造的理念和模式。伴随智能制造的全面发展和日益成熟，3D 未来将朝向更高精度、更便捷的角度发展。提高 3D 打印技术速度、精度等，有助于提高产品品质、机械性能等，达到更直接面向产品制造的目的。同时在材料运用方面，不断探索新型材料，如纳米材料、导质材料等，尤其是金属材料直接成型技术，都使得当今 3D 打印技术更适合分布式生产、集成设计和软件集成实现 CAD/CAPP/PP 集成，促进了设计软件、生产控制软件的无缝衔接，拓展了 3D 打印技术在生物医学、建筑、车辆和服装等领域的创造性应用。

❖ 3D 制造的主流技术和工艺

增材制造技术的发展大致分为“快速原型制造”和“金属直接增材制造”两个阶段。随着技术、材料、工艺的发展，打印的成品在结构和性能上有很大改善，正在由原型向产品逐步升级。3D 打印技术早期主要是从高分子材料发展起来的，虽然高分子材料迄今仍然占据了增材制造材料绝大多数份额，但近些年金属增材制造发展特别快，其产值在增材制造材料中的占比也快速提升，逐渐成为 3D 打印应用产业中的主流。

当前主流的增材制造的成形工艺划分为 7 个类型：立体光固化 (SLA)、薄片叠层或片材层压或 (SHL/LOM)、材料挤出 (ME)、黏结剂喷射 (BJ)、材料喷射 (MJ)、粉末床熔融 (PBF) 和定向能量沉积 (DED)。

风险提示：增材制造技术成熟度发展低于预期；下游需求不达预期。

正文目录

一、 增材制造的定义和内涵.....	4
1.1. 增材制造简介.....	4
1.1.1. 增材制造的定义	4
1.1.2. 增材制造的优势和适用	4
1.2. 增材制造打印成型工艺的主要过程.....	5
1.2.1. 三维设计	5
1.2.2. 切片处理	5
1.2.3. 去除支撑物完成打印	6
二、 主流增材制造技术.....	6
2.1. 增材制造技术发展.....	6
2.1.1. 3D 打印技术的发展历程.....	6
2.1.2. 我国 3D 打印的发展现状	8
2.2. 3D 打印推动生产制造模式的加速创新和演进	8
2.2.1. 3D 打印的技术和规模化生产优势和适用.....	8
2.2.2. 基于 3D 打印的未来制造模式创新和变化	9
2.2.3. 3D 打印的未来“4D 打印”	12
2.3. 主流增材制造技术和工艺.....	15
2.3.1. 以 3D 打印为代表的增材制造技术的发展历程	15
2.3.2. 主流增材制造成形工艺	16
2.3.2.1. 主流标准中的增材制造工艺类型分类	16
2.3.2.2. 增材制造技术的工艺类型分类	17
三、 相关公司估值比较.....	19
风险提示.....	20

图表目录

图 1： 传统集中制造模式.....	10
图 2： 3D 打印分布式智能制造创新模式	11
图 3： 跨界平台服务模式下的 3D 打印分布式智能制造创新模式.....	12
图 4： 4D 打印的构成	13
图 5： 增材制造分类、发展历程和技术特点.....	15
图 6： 增材制造技术的发展阶段.....	16
图 7： 增材制造技术的成型工艺.....	16
图 8： 铺粉式成型技术示意图.....	17
图 9： 送粉式成型技术示意图.....	17
图 10： 金属增材制造技术路线图	17
表格 1： 从原理上看成型工艺.....	18
表格 2： 重点覆盖公司可比估值.....	19

一、增材制造的定义和内涵

1.1. 增材制造简介

1.1.1. 增材制造的定义

增材制造 (Additive Manufacturing, 简称 AM) 亦被称为 3D 打印, 是以数字化模型为基础, 将材料以逐层堆积的方式制造出实体物品的新兴制造技术。其属于一类综合型运用技术, 作为一项新兴制造技术兴起于上世纪八十年代并迅得到速发展, 其有效地融合了数字造型、机电控制、信息、材料化学等前沿技术知识, 集成了机械加工技术、数字化技术、激光技术和材料科学等多项现代科技成果。

增材制造技术是当前国际先进制造技术发展的前沿, 同时也是目前智能制造体系的重要组成部分。世界科技强国都将增材制造技术作为未来产业发展新的增长点加以培育和支持, 欧美等发达国家纷纷制定了发展增材制造技术的国家战略, 美国“America Makes”、欧盟“Horizon 2020”、德国“工业 4.0”等战略规划均将其列入提升国家竞争力、应对未来挑战亟需发展的先进制造技术。我国也将增材制造列入了国家制造战略, 在“十三五”期间进行了重点支持和发展。

1.1.2. 增材制造的优势和适用

增材制造技术是基于离散、堆积的思想, 按照零件三维模型的数据, 逐层堆积材料最终形成实体零件。相比较于传统的切削“减材”加工工艺, 该技术最大优势是摆脱传统刀具的束缚、降低工序、节约材料、极大缩短产品的生产制造周期, 尤其适合于小批量的产品制造。而且因为不需要进行减材制造的流程规划, 所以很大程度上简化了生产复杂零件的流程, 颠覆了传统制造的理念和模式。

增材制造技术是朝着“物质数字化”和“逐层构建方法”迈出的重要一步, 这两种方法共同打开了设计空间。材料类型和相位可以根据需要变化, 小 (纳米/微型) 设备可以根据需要选择性地插入, 实现复杂形状, 并与传感器集成在一起。3D 打印发展目标最高愿景, 即三维制造的产品不仅具有必要的复杂形状, 还包括“感知”所处环境、收集能量和传达其状态的特性。

随着经济发展、科学技术的日新月异和社会需求不断变化, 产品的更新换代速度不断加快, 新产品开发周期不断缩短已成众望所归, 增材制造技术的应运而生将会对现在制造技术的发展产生重要的影响。

3D 打印机是增材制造的核心设备, 是集机械、控制、计算机技术为一体的复合型机电系统。主要包括: 高精度机械系统、喷涂系统、成型环境等。同时, 新的印刷材料、设计、控制软件等, 亦是该系统的重要环节。

增材制造生产的零件可以用作原型和产品。产品零件在生产最后阶段（环节）应反映出设计者的预期要求。无论是原型还是产品，都应根据零件的类型、应用领域、以及成本和交付周期等选择不同的工艺和原材料类型。零件的设计及所参考的规范由设计者决定。零件制造商应与用户密切协调，根据用户的意见和要求选择相应制造方案。

1.2. 增材制造打印成型工艺的主要过程

增材制造工艺链的特点是基于零件三维 CAD 数据进行直接制造，不需要模具制造等中间过程。

增材制造工艺链可分为两类：

单步工艺：用单步操作完成零件或实物制造的增材制造工艺，可以同时得到产品预期的基本几何形状和基本性能；多步工艺：用两步或两步以上操作完成零件或实物制造的增材制造工艺。通常第一步操作得到零件或实物的基本几何形状，通过后续操作使其达到预期的基本性能。

依据最终应用需求的不同，以上两种工艺可能需要进行一道或多道的后处理，使零件达到最终性能要求，这些后处理工艺都是常见的非增材制造工艺过程。

1.2.1. 三维设计

三维打印的设计过程是：先通过计算机建模软件建模，再将建成的三维模型“分区”成逐层的截面，即切片，从而指导打印机逐层打印。

设计软件和打印机之间协作的标准文件格式是 STL 文件格式。一个 STL 文件使用三角面来近似模拟物体的表面。三角面越小其生成的表面分辨率越高。PLY 是一种通过扫描产生的三维文件的扫描器，其生成的 VRML 或者 WRL 文件经常被用作全彩打印的输入文件。

1.2.2. 切片处理

打印机通过读取文件中的横截面信息，用液体状、粉状或片状的材料将这些截面逐层地打印出来，再将各层截面以各种方式粘合起来从而制造出一个实体。这种技术的特点在于其几乎可以造出任何形状的物品。

打印机打出的截面的厚度（即 Z 方向）以及平面方向即 X-Y 方向的分辨率是以 dpi（像素/英寸）或者微米来计算的。一般的厚度为 100 微米，即 0.1 毫米，也有部分打印机如 Objet Connex 系列还有三维 Systems ProJet 系列可以打印出 16 微米薄的一层。而平面方向则可以打印出跟激光打印机相近的分辨率。打印出来的“墨水滴”的直径通常为 50 到 100 个微米。用传统方法制造出一个模型通常需要数小时到数天，根据模型的尺寸以及复杂程度而定。而用三维打印的技术则可以将时间缩短为数个小时，当然由打印机的性能以及模型的尺寸和复杂程度而定的。

传统的制造技术如注塑法可以以较低的成本大量制造聚合物产品，而三维打印技术则可以更快，更有弹性以及更低成本的办法生产数量相对较少的产品。一个桌面尺寸的三维打印机就可以满足设计者或概念开发小组制造模型的需要。

1.2.3. 去除支撑物完成打印

三维打印机的分辨率对大多数应用来说已经足够（在弯曲的表面可能会比较粗糙，像图像上的锯齿一样），要获得更高分辨率的物品可以通过如下方法：先用当前的三维打印机打出稍大一点的物体，再稍微经过表面打磨即可得到表面光滑的“高分辨率”物品。

有些技术可以同时使用多种材料进行打印。有些技术在打印的过程中还会用到支撑物，比如在打印出一些有倒挂状的物体时就需要用到一些易于除去的东西（如可溶物）作为支撑物。

二、主流增材制造技术

2.1. 增材制造技术发展

2.1.1. 3D 打印技术的发展历程

3D 打印技术早期主要是从高分子材料发展起来的，虽然高分子材料迄今仍然占据了增材制造材料绝大多数份额，但近些年金属增材制造发展特别快，其产值在增材制造材料中的占比从 2013 年的 6.16% 增长到 2020 年的 18.2%；即便是受到全球疫情的影响，2020 年销售额也比 2019 年增长了 15.2%，年增长率远高于高分子材料。2020 年增材制造金属牌号有 988 个，占有所有增材制造材料牌号（2486 个）的 40%，其中钢铁类占 27%，镍基高温合金占 21%，钛合金占 20%，铝合金占 12%，钴基合金占 6.7%，铜合金占 3.4%，还有少量其他种类的合金材料。

增材制造技术与材料研发密切关联，互为促进，协同发展。

早在 1998 年 Science 就刊出文章介绍可用于制造空间三维复杂结构的立体光刻技术，2014 年 Science 刊出文章介绍了纳米金属网格的 Laser Shock Imprinting 打印技术。2015 年 Science 刊出文章介绍了基于增材制造技术实现的梯度材料软体机器人，同年介绍了可大幅度提高光固化成形效率的 CLIP 技术，为了实现该技术，需要匹配相应的打印窗口材料和光固化材料。2016 年 Science 刊发综述文章，介绍结合多种增材制造技术和多种材料制造复杂功能部件，以及利用可光固化的高分子前驱体打印陶瓷结构件。组织器官则需要使用支撑结构、凝胶和活性细胞进行打印。Nature 杂志于 1999 年刊出了题为“Printing a heart”的新闻稿，报道通过更换打印材料，原本用于军用装备或导弹的“3D powder printing”技术可以实现高复杂性人体器官的制备；2000 年刊出“Rapid prototyping of patterned functional nanostructures”，使用一种具备自

组装特性的有机硅“墨水”实现了具备功能特性的分级组织结构快速打印；Nature 杂志于 2013 年称科学家正在应用 3D 打印技术加速人类胚胎干细胞的研究，3D 打印的柔性材料气管结构已经开始帮助初生婴儿进行呼吸。Scientific Reports 于 2014 年刊出文章，介绍了一种利用药物分层打印的技术，认为其在医疗应用当中具有广阔应用前景；Nature Communications 发文介绍使用脱细胞胞外基质生物墨水打印三维组织模拟物。Nature Biotechnology 刊出综述文章，介绍 3D 生物打印技术在多种组织的生成和移植中的应用，如皮肤、骨骼、血管移植物、气管夹板、心脏组织和软骨结构，同时也被用于制作研究、药物发现和毒理学的高通量 3D 生物打印组织模型。为了提升生物凝胶组织的强度，有研究者尝试用 3D 打印的纤维结构对其进行强化；通过结构设计和局部组织控制，可以打印出具备复杂空间结构，且能够随环境改变的类生物形态，通过控制打印材料成分，可以实现 3D 打印结构的可控条件降解。

Nature Materials 于 2006 年刊出“Controlled insulator-to-metal transformation in printable polymer composites with nanometal clusters”，利用金属团簇/聚合物纳米粒子进行打印，并结合后处理可实现绝缘态/导电态的切换；利用类似方法，可以打印出有机晶体管和塑料微电子机械装置，实现无线电能传输。2015 年 Nature 报道，利用半导体材料增材制造技术制备出了发光二极管结构。2012 年 Nature Chem 介绍，将增材制造技术与化学合成研究整合以开发新的材料，2013 年 Nature Communications 发文介绍使用微流控笔光刻技术实现飞微升化学反应研究。采用二氧化硅纳米粒子和专门设计的高分子单体，基于立体光刻技术打印的结构，经 1300℃ 烧结可获得高光学品质的玻璃结构；利用氯化钛悬浮液作为打印介质，可打印出能进行空间折叠的结构。利用电场驱动胶体墨水运动是实现增材制造的一种方式，同时还可以打印自组装三维嵌套共聚物层级结构膜。在增材制造过程中应用磁场干预第二相的取向，能够调整成形试样的组织和性能，这种在三维形状之外的组织性能空间调控可视为增材制造中额外的维度控制。研究者将 NdFeB 粉末与尼龙粉末混合，实现了大幅面磁性结构的打印；通过增材制造获得石墨烯+PLA 的复合结构，有望提升能量储存效率；在增材制造过程中向高分子材料中加入碳纤维，可获得优异的结构力学性能。

近年来在航空航天等领域应用的牵引下，金属材料增材制造受到了更广泛的关注。2013 年 Nature 介绍了使用液态金属进行挤出打印的研究进展，2014 年 Scientific Reports 介绍使用径向沉积增材制造技术开发梯度金属合金。研究者考察了不同成形工艺条件下的组织演化和缺陷形成机制，增材制造中金属的可打印特性是人们持续关注的问题，为了提升金属材料的可打印性，研究者向金属原料中添加适当的形核纳米颗粒，实现了原本被认为不适合增材制造的 Al7075、Al6061 的 SLM 打印，获得了无裂纹的具有细小等轴晶粒组织的试样，获得了与锻件相当的性能；改善金属增材制造特性和性能的另一种方法是优化合金成分，Ti-Cu 合金就因具备高的成分过冷形成能力，能够显著细化晶粒组织并改善打印件的力学性能，而成为此方面的一个成功示范。

2.1.2. 我国 3D 打印的发展现状

我国研究者在金属增材制造方面的研究已经形成了国际影响力, Science 杂志继 2020 年 11 月刊出了清华大学赵沧博士关于选区激光熔化孔洞缺陷形成机制的学术论文后, 又于 2021 年 5 月刊出了南京航空航天大学顾冬冬教授的综述论文, 指出材料 - 结构 - 性能的一体化设计和制造是金属增材制造的重要发展趋势。

我国在 3D 打印技术方面也越来精进, 如清华大学早在 20 世纪 90 年代便开始研究, 现已在现代成型理论、FDM 工艺等方面取得了丰富的成果; 华中科技大学则在层状固体制造技术方面取得突破, 推出系列的 HRP 成型材料及相应的设备; 西安交通大学自主研发出 3D 打印机喷头, 同时开发出相应的 UV 固化成型系统和与之配套的材料, 其中的成型精度有望应用于微制造和光电子器件领域。但总的来说, 国内外 3D 打印技术的研发水平还存在较大差距。

2.2. 3D 打印推动生产制造模式的加速创新和演进

2.2.1. 3D 打印的技术和规模化生产优势和适用

2.2.1.1. 3D 打印的技术特点和适用

3D 打印技术不需要在工厂里操作, 台式打印机可以打印小项目, 人们可以把它们放在办公室、商店甚至房子的角落里, 而自行车车架、汽车方向盘及飞机零件等大型物品需要更大的打印机和更大的空间。

3D 打印技术最突出的优点是可以直接从计算机图形数据中生成任意形状的零件, 无需加工或任何模具, 大大缩短了产品开发周期, 提高了生产率, 降低了生产成本。与传统技术相比, 3D 打印技术还具有以下优点: 放弃生产线降低成本、大大减少材料浪费; 还可以生产传统生产技术无法制造的形状, 使人们能够更有效地设计飞机机翼或换热器。此外, 3D 打印技术具有良好的设计理念和设计流程。

采用 3D 打印技术, 生产出的零件更加精致、轻巧。当物料不受生产限制时, 其功能可以得到优化实现。因此, 与机械零件相比, 其重量轻 60%, 强度相当。

3D 打印制造技术具有产品设计民主、无限满足个性化需求、单件或小批量制造、精确地点打印等典型特征, 其中: 产品设计民主、无限满足个性化需求等特征将促进“以企业设计师为中心”的产品专制设计模式向“以客户为中心”的产品民主设计模式转变, 单件或小批量制造、精确地打印等特征将推动“大规模集中制造模式”向“单件或小批量分布式制造模式”变革。

因此, 3D 打印制造技术与新兴信息技术的深度融合, 将产生引领高端制造业革命的核心发动机。3D 打印分布式智能制造模式, 该制造模式的突出优势在于可制造复杂和个性化的特殊产品、可提升产品的研发能力和设计水平、可创造新的就业机会和形成新的经济

增长点。

2.2.1.2. 3D 打印用于规模化生产的优势和适用

3D 打印按需定制，成本相对较低，曾被认为是科幻小说的想象，但到了 21 世纪初，3D 打印已经成为现实，这一趋势将逐渐加速。

首先，3D 打印技术能适应各种复杂造型的零件，这是传统制造方法所不具备的。且传统模具制造的过程中，先出毛坯，再将不必要的地方切除，即进行多维加工，或用磨具将金属和塑料融化到零件中，这种模式仅适合简单的造型，对于复杂造型的零件，通常是将几个不同的模具组合起来，进行焊接，加大了制造的难度，亦产生了材料浪费，且容易由于焊接技术的限制而影响功能。而 3D 技术则能避免这个问题，再复杂的造型也是“一体成型”其次，实现了第一部分的网形成型，大大减少了后期的辅助处理量，避免了外包处理的数据泄露和时间跨度，特别适用于军工、核电等有着高保密性要求的产品和行业。

第三，制造准备和数据转换时间极大缩短，从而缩短了单次试制、小批量周期生产时间，降低了成本。尤其适合新产品开发、小批量零件、试样产品等生产。3D 打印技术正是凭借其高速度、便于使用等优势，取得了全面发展，在不同的领域中得到运用。当前的运用领域主要包括：建筑设计、工业模型、医疗辅助、零部件、动画模型等。特别是在重型机械、高端精密设备、火电等行业得到全面发展。3D 打印技术“打印”的产品是一体成型，不存在焊缝等问题，具有更好的结构稳定性，其性能十分良好。

2.2.1.3. 3D 打印的发展趋势

伴随智能制造的全面发展和日益成熟，3D 技术水平也在不断提升。未来将朝向更高精度、更便捷的角度发展。因此，提高 3D 打印技术速度、精度等，促进印刷、连续印刷、批量印刷和多材料印刷等方面，有助于提高产品品质、机械性能等，达到更直接面向产品制造的目的。

同时在材料运用方面，不断探索新型材料，如纳米材料、导质材料等，尤其是金属材料直接成型技术，都使当今 3D 打印技术更适合分布式生产、集成设计和软件集成实现 CAD/CAPP/PP 集成，促进了设计软件、生产控制软件的无缝衔接，拓展了 3D 打印技术在生物医学、建筑、车辆和服装等领域的创造性应用。

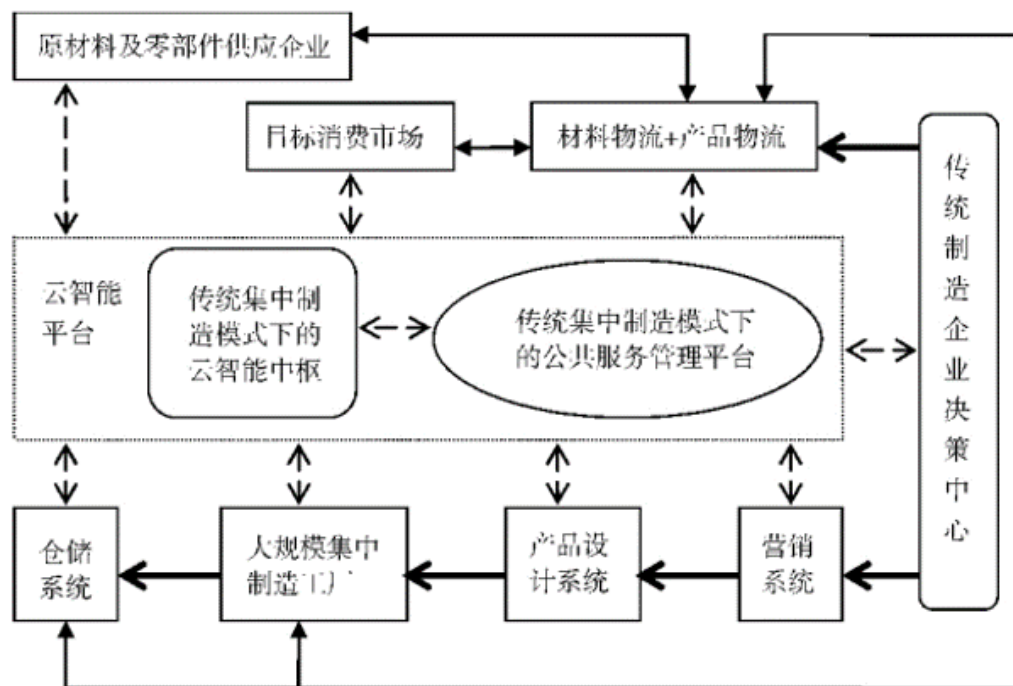
2.2.2. 基于 3D 打印的未来制造模式创新和变化

2.2.2.1. 传统集中智能制造参照模式

将云智能平台嵌入传统集中制造模式可开发出传统集中智能制造模式，如下图所示。该制造模式的主要创新之处是对传统大规模集中制造模式进行智能化升级改造，这样企业便可利用云智能平台高效整合所有关联生产资源，制造出能够满足目标市场共性需求的产品，从而提升企业的运营效率和竞争力。例如，在集团企业方面，航天科工集团采用

传统集中智能制造模式有效解决了资源配置不合理、复杂产品研发开发周期长等问题，实现了制造能力与制造资源的高效整合，提高了制造能力和资源利用率，降低了制造成本，提升了竞争力；在中小企业方面，广东省东莞市利用传统集中智能制造模式支持产业集群内的中小企业协作，有效解决了产业集群内中小企业间关联度不高、资源浪费和闲置、制造设施重复建设等问题，从而优化了产业结构，整合了产业集群内的资源。

图 1：传统集中制造模式



资料来源：3D 打印分布式智能制造模式创新，川财证券研究所

然而，传统集中智能制造模式尚存在一些缺陷：首先，采用“以企业为中心”的专业设计师主导的产品设计模式，该设计模式难以准确把握消费者的需求；其次，采取模具铸造和机械化加工等硬件制造方法，其造型能力有限，难以实现宏微结构一体化制造和复杂结构制造。再次，采用系统化的产品物流与仓储设施，产品制造后需要运送到各地，会消耗大量人财物。最后，采用大规模集中制造的生产方式，企业与社会大众在产品的设计、产品制造、产品消费等环节的动态交互显得无足轻重，消费者因为没有更多选择只能被动接受产品，难以满足消费者的个性化需求。

2.2.2.2. 全价值链整体解决方案下的 3D 打印分布式智能制造创新模式

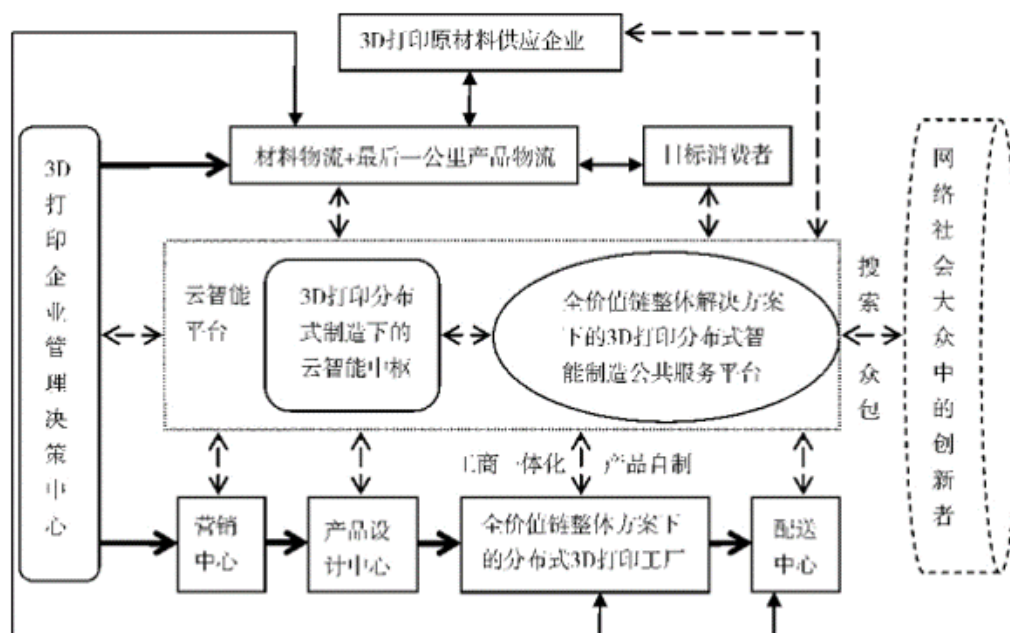
对传统集中智能制造模式作进一步改进，可以开发出全价值链整体解决方案下的 3D 打印分布式智能制造创新模式，与前者相比该模式有如下发展：首先，3D 打印分布式制造代替了大规模集中制造；其次，系统化的产品物流转变为最后一公里产品物流；第三，

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅本页的重要声明

零部件供应企业和产品库存消失；最后，通过搜索和众包的方式，网络社会大众中的创新者可充分参与企业创新。

该创新模式可以有效克服传统集中智能制造参照模式的缺陷：首先，采用 3D 打印制造技术，降低了单件小批量产品制造、复杂结构产品制造的成本；其次，采用以消费者为中心的产品民主设计模式，通过搜索与众包方式，网络社会大众中的创新者可参与企业创新，共同设计出能够充分满足消费者个性化需求的产品；第三，采用社会大众参与产品制造的全价值链模式，有效衔接了消费者的个性化需求与企业的制造能力；最后，采用分布式制造模式，可有效解决 3D 打印目前存在的打印速度慢、难以批量制造等问题。例如，实力雄厚的大企业 3DSystems 公司就采用了该创新模式。

图 2: 3D 打印分布式智能制造创新模式



资料来源：3D 打印分布式智能制造模式创新，川财证券研究所

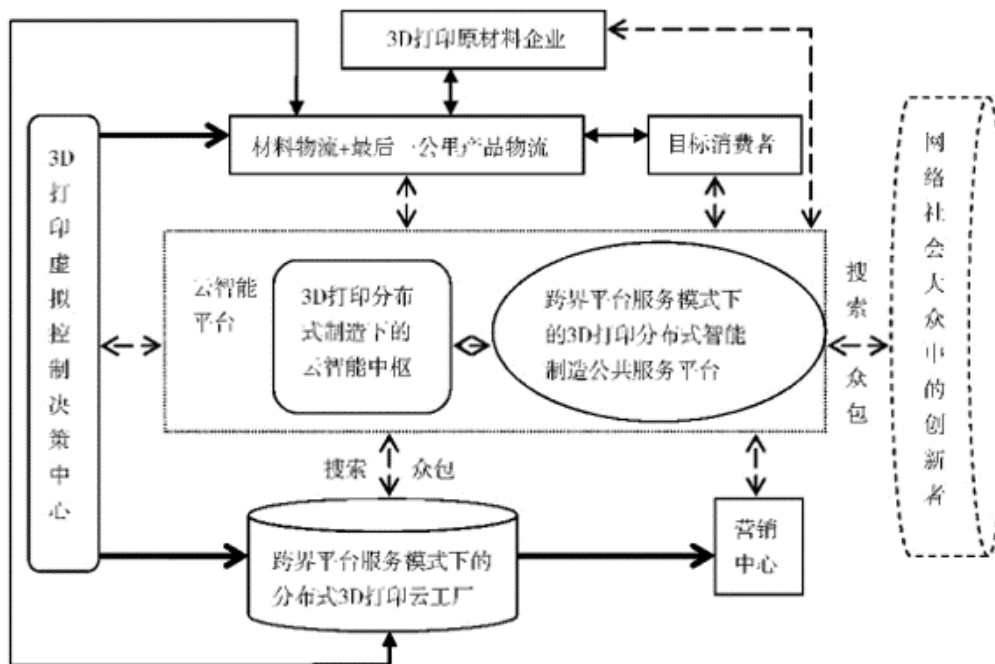
2.2.2.3. 跨界平台服务模式下的 3D 打印分布式智能制造创新模式

随着大数据、物联网、云计算等新兴信息技术深度融合各行业，企业的边界变得模糊，这种趋势将深刻影响企业的制造模式，甚至重构其企业文化和组织结构。在这一情景下，企业管理者将会发现更多跨越领域进行合作的创新机会，这就是跨界的基本思想。基于此，对全价值链整体解决方案下的 3D 打印分布式智能制造创新模式作进一步改进，可开发出跨界平台服务模式下的 3D 打印分布式智能制造创新模式，如下图所示。与前者相比，该创新模式有如下变化。首先，虚拟控制决策中心替代了实际的企业管理决策中心；其次，由 C2B2C 的两面市场模型取代了 C2B 的价值链模型。第三，由工商一体化的产品自制转变为外包产品制造业务。

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅本页的重要声明

在基于跨界平台服务的 3D 打印分布式智能制造创新模式下，实力雄厚的大企业将转变为平台型虚拟企业以实现跨行业混合经营，否则就会因为难以准确找到自己的竞争对手和目标消费者而出现经营困难，甚至破产；小企业则可利用其大企业所不具备的灵活性优势，借助于开放的云智能平台展开业务经营，极大降低了与大企业竞争的门槛。例如，Shapeways 公司就采用了跨界平台服务模式下的 3D 打印分布式智能制造创新模式。

图 3：跨界平台服务模式下的 3D 打印分布式智能制造创新模式



资料来源：3D 打印分布式智能制造模式创新，川财证券研究所

2.2.3. 3D 打印的未来“4D 打印”

2.2.3.1. 4D 打印的定义和内涵

自 1980 年以来，3D 打印凭借高使用效、出色的表面分辨率和一步生产方面的高效卓优势，被广泛应用于生物医学、电子学、自愈技术、工程应用以及仿生学领域。但 3D 打印技术存在难以打印复杂的结构及抑制应变控制的尺寸变化和各向异性行为的技术难题。为了克服其打印尺寸复杂性和不灵活性，人们引入了 4D 打印的概念。

4D 打印是基于智能材料、3D 打印机和设计的跨学科研究，与 3D 打印产出的静态结构相比，4D 打印产出的是一个动态结构。4D 打印允许 3D 打印的结构响应外部刺激（例如温度、光线、水等），并随时间改变其形状或功能，从而使打印的产品不再局限于固定的形态，而是呈现多样化。

自 2013 年首次概念化以来，4D 打印就引起了研究者极大的兴趣。第四维度赋予了设计

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅本页的重要声明

生命力，它使用刺激来驱动智能材料形状记忆效应的转变。智能材料是对环境敏感的材料，包括聚合物、合金、水凝胶、陶瓷和复合材料等，它们在热预应变、水吸收、电磁辐射活化、磁场、电流和电压、溶剂和 pH 值等外部环境刺激下，随时间发生自我变形、自我组装、自我分解、自我修复并更改属性或功能，呈现出变化多样的形态特征。4D 打印通过模仿自然过程（花朵盛开、植物的变化和向日葵运动等）、探究材料的近似特征，在药物输送、可穿戴电子设备、时装、自动折纸结构、传感器和其他工程应用中被广泛尝试，并取得了惊人的成果。

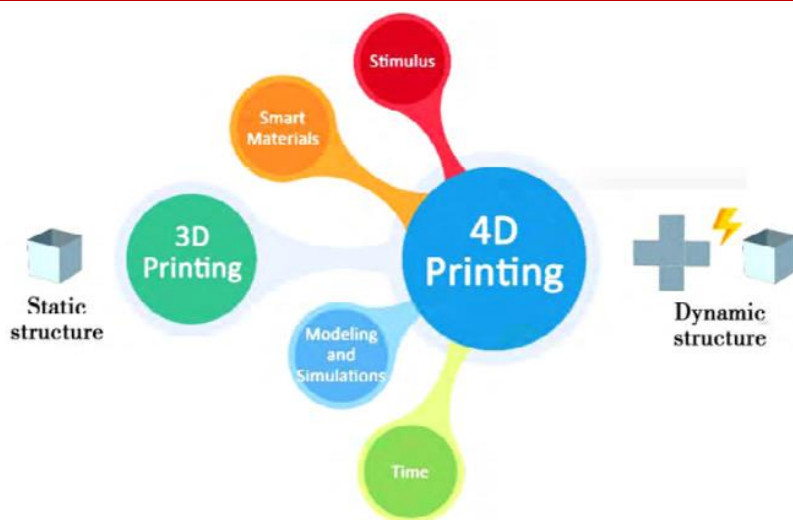
2.2.3.2. 4D 打印概念的发展

4D 打印的概念最初是由美国麻省理工学院的 Tibbitts 于 2013 年在 TED 会议上发表的关于 4D 打印的演讲引起了热烈的反响。不久之后，第一篇有关 4D 打印活性复合材料 (PACs) 的研究论文发表，该印刷复合材料可以通过形状记忆效应 (SME) 转变为复杂的形态。从那时起，4D 打印就得到了公共媒体以及智能材料领域和 3D 打印领域的极大关注。

4D 印刷最初定义为“3D 打印+时间”，即在原来 3D 打印长、宽、高的三维基础上，增添了第四维度时间，这一概念在过去几年中也有所发展。如今，对 4D 打印有一个较为全面的定义：一个三维印刷结构暴露于预定刺激（如热、水、光、pHCGI 等）下，其功能、形状、性能可随时间发生变化。

3D 打印是设计师通过三维软件建模，使用打印设备直接将模型文件打印出来的过程，其得到的最终产品是静态的。而 4D 打印则是在原有 3D 打印原理的基础上，将传统打印材料升级为刺激响应材料（智能材料），并根据目标产品进行材料的结构组合设计，最终打印出来的模型是动态的，在外界刺激和相互作用机制的引发下其结构会发生变化，从而得到目标产品。因此，实现 4D 打印的重要组成部分包括增材制造 (3D 打印)、智能材料、外界刺激、建模仿真设计，如下图所示。

图 4：4D 打印的构成



资料来源：《4D 打印技术_工艺、材料及应用》，川财证券研究所

随着研究的深入，4D 打印的概念和内涵也在不断演变和深化。2016 年，华中科技大学史玉升教授组织国内的有关专家，在中国武汉召开了第一届 4D 打印技术学术研讨会，提出 4D 打印的内涵，即增材制造构件的形状、性能和功能能够在外界预定的刺激(热能、水、光、pH 值等)下，随时间发生变化。推动了 4D 打印技术由概念向内涵方向发展，相比于最初的 4D 打印概念，新提出的内涵表明 4D 打印构件随外界刺激的变化不仅仅是形状，还包括构件的性能和功能，这使得 4D 的内涵更丰富，有利于 4D 打印技术从现象演示逐渐走向实际应用，只有性能和功能发生了变化才满足功能化、智能化的定义，才具备应用价值。

到目前为止，大多数 4D 打印都涉及 3D 打印工艺、变形材料和结构。形变的基本机制是在打印过程中或打印之后直接使用智能材料或在打印对象内产生局部特征应变(或失配应变)。用于结构演化的智能材料展现出多种特性，如自我修复网、自我组装、自我感应、自我适应性和决策能力等。迄今为止，4D 打印已经通过使用多种智能材料，包括表现出形状记忆聚合物(SMP)、液晶弹性体(LCE)和水凝胶(SMH)等，这些材料是通过一系列 3D 打印技术制造的，例如立体平版印刷、熔融沉积和 PolyJet 印刷等。4D 打印有潜力用于刺激响应设备(如阀门和抓取器)，智能折纸(如支架和 3D 多边形结构)，以及在以下领域的原位组装(包装和封装)应用：机器人技术、生物仿生学和生物医疗。

4D 打印技术的出现，为复杂结构的便利生产创造了可能，也为更多应用领域的技术研究开拓了方向。其中较为热门的应用领域包括智能器械、生物医疗、航空航天等，同时在教育、娱乐等体验类项目中也有新的尝试。

2.2.3.3. 4D 打印的发展扩展的增材制造的内涵

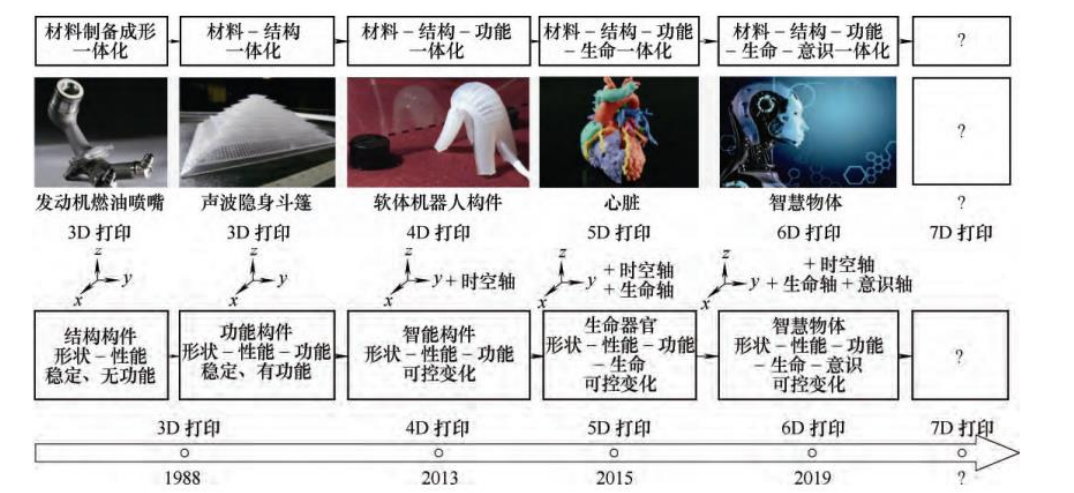
3D 打印通常被认为是增材制造技术的“俗称”。因此，在很长一段时间内乃至今日，很多人都认为“3D 打印”和“增材制造”是同一概念，具有完全相同的含义。然而，增材制造技术经过三十多年的发展，其含义逐渐发生变化，内涵逐渐丰富，随着 2013 年 4D 打印概念的提出，我们认为增材制造和 3D 打印“同一性”的固有思维应该被打破，4D 打印技术是 3D 打印在三维坐标轴基础上增加了“时空轴”，也应当归入增材制造技术的范畴。

按照增材制造构件的发展历史，可将其分为结构构件、功能构件、智能构件、生命器官、智慧物体等。在 20 世纪 90 年代，增材制造能够实现材料的制备与成形一体化，即在制备材料的同时也成形出所需形状，注重构件的形状和力学性能，其成形件称为结构构件，其形状和性能要求稳定；

到了 2010 年前后，面向增材制造工艺的新材料大量涌现，构件的宏微观结构、力学性能及其它性能均受到关注，增材制造实现了材料-结构一体化成形，得到功能构件，其形状、性能和功能要求稳定；然而，随着高端制造领域对构件的要求越来越高，如今智能构件的材料-结构-功能一体化 4D 打印已成为增材制造技术的重要发展方向，其构件的形状、性能和功能要求可控变化。从下图可以看出，随着制造思维的进一步发散，制造

领域构件的智能化、生命化、意识化是必然发展趋势，“5D 打印”、“6D 打印”的概念也进入了“增材制造的大家庭”中。自此，增材制造不再是 3D 打印的代名词，而包含了更高维度、更多方面、更深层次的含义。5D 打印已有实验室研究成果，尽管 6D 打印仅是新提出的概念，尚未进入实质性的研究阶段，但随着 4D 打印技术研究的逐渐深入，预示了更高维度打印方式的可能性，表明了增材制造领域的发展趋势，引起了对制造思想的再认识和再思考，极有可能引发制造技术的变革和颠覆。

图 5：增材制造分类、发展历程和技术特点



资料来源：《4D 打印——智能构件的增材制造技术》，川财证券研究所

2.3. 主流增材制造技术和工艺

2.3.1. 以 3D 打印为代表的增材制造技术的发展历程

增材制造技术的发展大致分为“快速原型制造”和“金属直接增材制造”两个阶段。快速原型制造包括光固化快速成形 (SLA)、薄材叠层/叠层实体制造 (SHL/LOM)、熔融堆积成形 (FDM) 和选区激光烧结 (SLS)，由于受工艺和材料的限制，加工的成品无法达到产品级别性能要求，只能作为原型，或用于模具制造的样件，所以被称为“快速原型制造”。

然而激光粉末床熔合 (LPBF/SLM)、激光近净成形 (LENS)、电子束熔合 (EBM)、电子束送丝制造 (EBF) 和丝材电弧增材制造 (WAAM) 以激光束、电子束、等离子束或电弧为热源，能对制备好的金属粉材或丝材进行逐层熔化或堆积，可直接制造出金属零件成品或半成品，因此被称为“金属直接增材制造”。

增材制造技术随着技术、材料、工艺的发展，打印的成品在结构和性能上有很大改善，正在由原型向产品逐步升级。

图 6：增材制造技术的发展阶段

阶段	年份/年	发明人	增材制造成形技术	材料
快速原型制造技术	1983	Hull C	光固化成形技术（Stereo Lithography Appearance, 简称 SLA）	光敏树脂
	1986	Feygin M	分层实体制造（Laminated Object Manufacturing, 简称 LOM）	纸基片材
	1988	Stratasys 公司	熔融沉积成型技术（Fused Deposition Modeling, 简称 FDM）	多种丝材
	1989	Deckard	激光选区烧结（Selective Laser Sintering, 简称 SLS）	多种粉材
	1993	麻省理工学院	立体喷墨打印（Binder Jetting/Three-Dimension Printing, 简称 3DP）	粉末胶合
金属构件的直接增材制造技术	1990	NASA 兰利研究中心	电子束自由成形制造技术（Electron Beam Free-form Fabrication, 简称 EBF）	合金粉材
	1995	Meiners W	激光选区熔化成形技术（Selective Laser Melting, 简称 SLM）	金属粉材
	1998	Sandia 国立实验室	激光工程化净成型（Laser Engineered Net Shaping, 简称 LENS）	钴基粉材
	1999	Cranfield 大学	电弧增材制造（Wire Arc Additive Manufacture, 简称 WAAM）	金属丝材
	2001	Arcam 公司	电子束选区熔化（EBSM）	金属丝材
	2004	Fronius 公司	电弧冷金属过渡焊接技术（CMT）	合金铝丝
	2013	麻省理工学院	记忆合金的四维打印技术（Four Dimensional Printing, 简称 4DP）	记忆合金

资料来源：《增材制造的现状与应用综述》，川财证券研究所

美国早在 2012 年专门成立增材制造技术创新研究所，而包括中国在内的多个国家也已经针对增材制造技术进行了大量的科学研究。以 3D 打印为代表的主流增材制造技术发展至今，已经产生了包括光固化快速成形(SLA)、选择性激光烧结(SLS)、熔融堆积成形(FDM)、叠层实体制造(LOM)、三维打印(3DP)等多种比较成熟和典型的快速成形工艺技术，其中不乏有一些已经实现了商业化。但是，大部分商业化的增材制造设备在效率、材料以及成本等方面还面临着很多问题。

2.3.2. 主流增材制造成形工艺

2.3.2.1. 主流标准中的增材制造工艺类型分类

国际标准 ISO17296-2-2015《增材制造总则第 2 部分：工艺分类和原料》，将增材制造的成形工艺划分为 7 个类型：立体光固化(SLA)、薄材叠层或片材层压或(SHL/ LOM)、材料挤出 (Material Extrusion)、黏结剂喷射(Binder Jetting)、材料喷射(Material Jetting)、粉末床熔融(Powder Bed Fusion) 和定向能量沉积(Directed Energy Deposition)。

图 7：增材制造技术的成型工艺

成型工艺	成形技术传统名称	能源/热源	加工材料	优点	缺点
立体光固化 SLA	光固化成形（SLA）、紫外数字投影打印（DLP）、LCD 打印技术	激光 紫外光 LCD 光	光敏树脂	精度高	需设计支撑结构、易翘曲变形、后处理复杂
薄材叠层 LOM	分层实体制造（LOM）	激光切割 + 热熔胶黏合	纸基片材、塑料薄膜、金属箔、碳纤维等	材料便宜、快速、成本低、精度高、无支撑结构	粗糙、弹性差、强度低、易变形、不能制造空心结构
材料挤出 FDM	熔融沉积成型技术（FDM）	电加热	热塑性材料、高分子材料、石蜡等	成本低、加工材料多样	精度低、强度低、加工时间长、需支撑结构
黏结剂喷射 BJ	立体喷墨打印法（3DP）	打印时无需加热	粉材、高分子材料、金属、陶瓷粉	全彩色、精度高、材料种类多、无支撑结构、尺寸大、成本低	加工金属/陶瓷材料密度低，打印后再烧制耗时、烦琐
材料喷射 MJ/NP/DOD	连续材料喷射（CMJ）、纳米颗粒喷射（NPJ）、按需滴落（DOD）	紫外光	液体光聚合物、纳米颗粒、液态金属	快速、精度高、强度高	材料成本造价昂贵
粉末床熔融 PBF	激光粉末床熔融（LPBF）	激光	镍基合金、铝合金、钛合金	精度比 DED 略高	有残余应力，需要拓扑优化，精度差
定向能量沉积 DED	激光定向能量沉积（DED）、激光/其他激光金属粉末沉积（LMD）、热源电弧增材制造（WAAM）	激光/其他	金属粉/丝	尺寸较大、速度比 PBF 快	表面粗糙，需要后处理

资料来源：《增材制造的现状与应用综述》，川财证券研究所

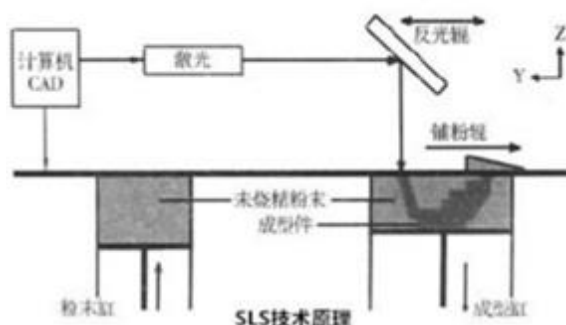
本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅本页的重要声明

2.3.2.2. 增材制造技术的工艺类型分类

1. 按照原材料类型分类

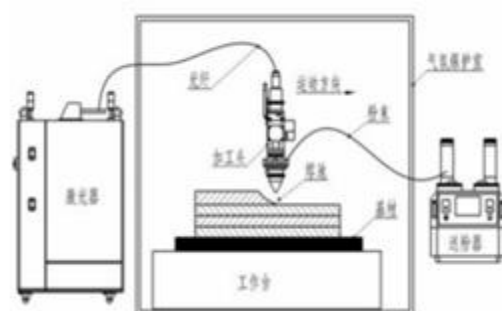
常见的金属 3d 打印成型技术可分为铺粉式和送粉式，铺粉式有：SLS、SLM，送粉式有：DLM。

图 8：铺粉式成型技术示意图



资料来源：《增材制造的现状与应用综述》，川财证券研究所

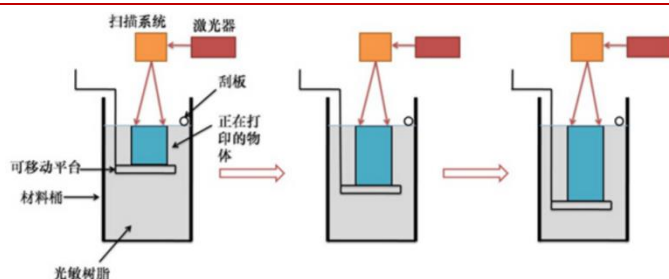
图 9：送粉式成型技术示意图



资料来源：《增材制造的现状与应用综述》，川财证券研究所

常见的非金属 3d 打印成型技术有光固化成型技术(SLA/DLP)、熔融层积成型技术(FDM)。

图 10：金属增材制造技术路线图



资料来源：《增材制造的现状与应用综述》，川财证券研究所

2. 按照成型原理不同分类

表格 1：从原理上看成型工艺的分类

名称	简介
光聚合成型技术增材制造	主要材料是光敏树脂, SLA: (立体印刷术)、CLIP: (连续液态界面制造)、Poly Jet: 聚合物喷射、DLP: 数字光处理
以烧结和熔化为基本原理	主要材料是金属粉末和聚合混合粉末及金属丝。SLS: 选择性激光烧结技术 (Selective Laser Sintering); SLM: 选择性激光熔化技术 (Selective Laser Melting, SLM); EBM: 电子束熔化技术 (Electron Beam Melting, EBM)
以粉末-粘合剂为基本原理	3DP: 三维打印技术 (Three Dimensional Printing); 3DP 才是真正的 3D 打印。因为这种技术和平面打印非常相似, 连打印头都是直接用平面打印机的。和 SLS 类似, 这个技术的原料也是粉末状的。与 SLS 不同的是材料粉末不是通过烧结连接起来, 而是通过喷头用粘接剂将零件的截面“印刷”在材料粉末上面。
FDM: 熔融沉积造型 (Fused Deposition Modelling)	主要材料 ABS 和 PLA。FDM (Fused Deposition Modeling) 工艺熔融沉积制造 (FDM) 工艺由美国学者 Scott Crump 于 1988 年研制成功。其具体原理是将丝状的热塑性材料加热融化, 同时三维喷头在计算机的控制下, 根据截面轮廓信息, 将材料选择性地涂敷在工作台上, 快速冷却后形成一层截面。一层成型完成后, 机器工作台下降低一个高度 (即分层厚度) 再成型下一层, 直至形成整个实体造型。FMD 是一种成本较低的增材制造方式, 所用材料比较廉价, 不会产生毒气和化学污染的危险。但是 FDM 打印成形后表面粗糙, 需后续抛光处理。最高精度只能为 0.1mm。由于喷头做机械运动, 速度缓慢, 而且同样需要支撑台。
气溶胶打印技术 (Aerosol printing)	Optomec 公司的一项专利技术, 由于 Optomec 在金属油墨和生物物质的经验丰富, 使其直接向 3D 打印进入微观领域的目标行进。这个技术主要用在精密仪器、电路板的打印上。UV 固化介质从 10-100 μm 气溶胶喷射系统分配并且瞬间完成。之后, 一个金属纳米粒子油墨以精确的方式被分配/烧结在最近固化的材料, 然后重复一遍又一遍, 直到结构形成。该过程具有快速材料凝固的特点, 它依赖于本地沉积和局部固化, 并且据说可以在空间中达到最高的变形。
细胞 3D 打印 (cell bioprinting)	该技术是快速成型技术和生物制造技术的有机结合, 可以解决传统组织工程难以解决的问题。主要以细胞为原材料, 复制一些简单的生命体组织, 例如皮肤、肌肉以及血管等, 甚至在未来可以制造人体组织如肾脏、肝脏甚至心脏, 用于进行器官移植。2013 年, 来自苏格兰的研究人员利用 3D 打印技术, 首次用人类胚胎干细胞进行了 3D 打印。
LOM: 层压板制造 (Laminated Object Manufacture)	LOM, 有的也称 LLM: 层压制造技术 (Layer Laminated Manufacturing) 指的是分层实体成型法, 是出现得比较早的 3D 打印技术之一。这一工艺以纸片、塑料薄膜等片材为原材料, 运用二氧化碳激光器进行系统切割, 并按照计算机提取的横截面轮廓线数据, 用激光将背面涂有热熔胶的纸片材切割出工件的内外轮廓, 同时对非零件区域进行交叉切割, 以便废料的去除。

资料来源：格智学院李海峰《金属增材制造技术路线》，川财证券研究所；

三、相关公司估值比较

表格 2：重点覆盖公司可比估值

	代码	公司	股价	市值（亿元）		EPS			PE			PB	ROE
				总计	流通	2021A	2022E	2023E	2021A	2022E	2023E		%
1	002463.SZ	铂力特	21.00	401	79	0.56	0.70	0.89	37.46	30.04	23.55	4.82	13.22%
2	002815.SZ	楚江新材	12.72	114	55	0.62			20.42			2.37	11.47%
3	002436.SZ	高乐股份	12.63	217	189	0.37	0.37	0.46	34.34	34.26	27.47	3.32	15.71%
4	300502.SZ	英力特	42.73	230	187	1.31	1.87	2.09	32.73	22.84	20.49	4.63	15.10%
5	300185.SZ	万方发展	2.57	98	95	0.07			35.19			1.53	3.95%
6	600875.SH	秦川机床	19.23	559	388	0.73	0.95	1.27	26.20	20.23	15.10	1.74	5.42%
7	002272.SZ	有研新材	6.70	29	22	0.12			57.31			2.04	1.72%
小计		算术平均							34.81	26.84	21.65	2.92	9.51%
		几何平均							26.26	21.15	2.66		

资料来源：iFinD，川财证券研究所；数据截至 2023 年 3 月 29 日；

风险提示

（一）宏观经济波动加大

机械设备行业属于中游行业，广泛应用于通信、航空航天、工控医疗、汽车电子、消费电子及服务/存储、清洁能源、储能领域、军工制造等领域。相关应用领域与经济发展密切相关，市场需求受国内宏观经济环境影响较大，如果经济形势发生重大不利变化，制造业的结构升级和技术进步进度趋缓，对市场需求产生较大影响。

（二）产业政策效果低于预期

本文提及的数字化和智能化、双碳目标和绿色化以及内循环建设和供应链重构等三个制造业重大趋势，皆依赖于产业政策的推动和执行。如以基础设施数字化为核心的数字化和智能化制造业趋势，依赖于国家对新基建的投入。此外，考虑到新能源汽车的效率以及光伏发电的成本，双碳目标和绿色化依赖于国家补贴，如果本行业不能通过技术进步、规模生产等措施降低成本，提高对传统能源的竞争力，政府补贴措施的调整将对产业的生存和发展产生不利影响。

（三）原材料价格大幅波动

由于宽松的货币政策，环保限产和双碳政策带来的供需错配等因素，上游原材料价格大幅上涨。预期未来原材料价格或有高位运行趋势，中下游制造业面临较大成本压力，若成本向下游转移程度低于预期，则会带来盈利能力的持续下降。

（四）市场风格快速变化

近年来，市场风格多变，行业热点频出，市场风格切换到其他行业可能带来机械行业估值中枢下行。

川财证券

川财证券有限责任公司成立于 1988 年 7 月,前身为经四川省人民政府批准、由四川省财政出资兴办的证券公司,是全国首家由财政国债中介机构整体转制而成的专业证券公司。经过三十余载的变革与成长,现今公司已发展成为由中国华电集团资本控股有限公司、四川省国有资产经营投资管理有限责任公司、四川省水电投资经营集团有限公司等资本和实力雄厚的大型企业共同持股的证券公司。公司一贯秉承诚实守信、专业运作、健康发展的经营理念,矢志服务客户、服务社会,创造了良好的经济效益和社会效益;目前,公司是中国证券业协会、中国国债协会、上海证券交易所、深圳证券交易所、中国银行间市场交易商协会会员。

研究所

川财证券研究所目前下设北京、上海、深圳、成都四个办公区域。团队成员主要来自国内一流学府。致力于为金融机构、企业集团和政府部门提供专业的研究、咨询和调研服务,以及投资综合解决方案。



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，以勤勉尽责的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也不会与本报告中的具体推荐意见或观点直接或间接相关。

行业公司评级

证券投资评级：以研究员预测的报告发布之日起6个月内证券的绝对收益为分类标准。30%以上为买入评级；15%-30%为增持评级；-15%-15%为中性评级；-15%以下为减持评级。

行业投资评级：以研究员预测的报告发布之日起6个月内行业相对市场基准指数的收益为分类标准。30%以上为买入评级；15%-30%为增持评级；-15%-15%为中性评级；-15%以下为减持评级。

重要声明

本报告由川财证券有限责任公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格）制作。本报告仅供川财证券有限责任公司（以下简称“本公司”）客户使用。本公司不因接收人收到本报告而视其为客户，与本公司无直接业务关系的阅读者不是本公司客户，本公司不承担适当性职责。本报告在未经本公司公开披露或者同意披露前，系本公司机密材料，如非本公司客户接收到本报告，请及时退回并删除，并予以保密。

本报告基于本公司认为可靠、已公开的信息编制，但本公司对该等信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证。本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断，该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。在不同时期，本公司可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。同时，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。对于本公司其他专业人士（包括但不限于销售人员、交易人员）根据不同假设、研究方法、即时动态信息及市场表现，发表的与本报告不一致的分析评论或交易观点，本公司没有义务向本报告所有接收者进行更新。本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的观点、结论和建议仅供投资者参考之用，并非作为购买或出售证券或其他投资标的的邀请或保证。该等观点、建议并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对客户私人投资建议。根据本公司《产品或服务风险等级评估管理办法》，上市公司价值相关研究报告风险等级为中低风险，宏观政策分析报告、行业研究分析报告、其他报告风险等级为低风险。本公司特此提示，投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素，必要时应就法律、商业、财务、税收等方面咨询专业财务顾问的意见。本公司以往相关研究报告预测与分析的准确，也不预示与担保本报告及本公司今后相关研究报告的表现。对依据或者使用本报告及本公司其他相关研究报告所造成的一切后果，本公司及作者不承担任何法律责任。

本公司及作者在自身所知情的范围内，与本报告所指的证券或投资标的不存在法律禁止的利害关系。投资者应当充分考虑到本公司及作者可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突。在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，也可能为之提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。本公司的投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

对于本报告可能附带的其它网站地址或超级链接，本公司不对其内容负责，链接内容不构成本报告的任何部分，仅为方便客户查阅所用，浏览这些网站可能产生的费用和风险由使用者自行承担。

本公司关于本报告的提示（包括但不限于本公司工作人员通过电话、短信、邮件、微信、微博、博客、QQ、视频网站、百度官方贴吧、论坛、BBS）仅为研究观点的简要沟通，投资者对本报告的参考使用须以本报告的完整版本为准。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构或个人不得以翻版、复制、发表、引用或再次分发他人等任何形式侵犯本公司版权。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“川财证券研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。如未经川财证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司保留追究相关责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

本提示在任何情况下均不能取代您的投资判断，不会降低相关产品或服务的固有风险，既不构成本公司及相关从业人员对您投资本金不受损失的任何保证，也不构成本公司及相关从业人员对您投资收益的任何保证，与金融产品或服务相关的投资风险、履约责任以及费用等将由您自行承担。

本公司具有中国证监会核准的“证券投资咨询”业务资格，经营许可证编号为：000000029399