

# 第一部分

## 3D 打印快速成型



# 模块一

## 认识 3D 打印

### 导语

本模块主要介绍 3D 打印技术的概念及其发展状况，介绍 3D 打印技术的优点与缺点以及 3D 打印的发展趋势，分析 3D 打印技术的分类。

### 思维导图





## 学习目标

1. 了解 3D 打印产生的背景；
2. 了解 3D 打印的发展状况；
3. 了解 3D 打印的原理；
4. 了解 3D 打印的优点及缺点。



## 思政目标

1. 树立正确的价值观，弘扬中国科技精神；
2. 了解中国文化基本特征，产生政治认同、文化认同。



## 建议学时

4 学时。



## 相关知识

# 一、3D 打印概论

## (一) 3D 打印的概念

3D 打印是以数字模型文件为基础，运用粉末状金属或聚合物等可黏合材料，通过逐层打印的方式来构造物体的技术。数字模型文件的创建过程被称为三维建模，即 CAD（计算机辅助设计）建模，运用分层软件将设计的文件切成薄层，即切片，再将切片文件发送到 3D 打印机，由打印软件控制设备逐层堆叠成型，即 3D 打印。区别于传统 CNC（数控机床）等机械制造工艺采用去除材料的加工方式（即减材制造），3D 打印采用逐层累加的技术（增材制造），如图 1-1 所示。

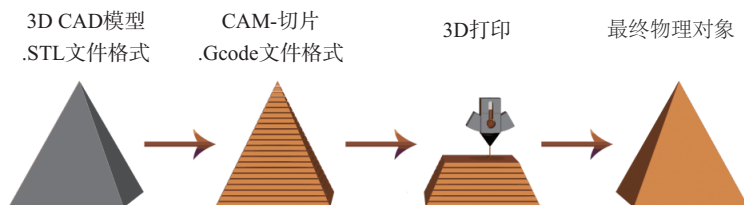


图 1-1 3D 打印工艺



3D 打印设备种类繁多。从桌面的熔融聚合物成型 3D 打印机，到工业级利用激光选区高温熔化金属的 3D 打印机，其成型原理、打印耗材、打印效率和应用均有不同。通常，经过 3D 打印的零件还需要后处理（打磨、抛光、上色等）操作，才能成为可用于快速原型或最终产品的制造。用于 3D 打印的材料十分丰富，可分为聚合物、金属、陶瓷和建筑材料四大类。聚合物原料细分为光敏树脂、热塑性长丝、热塑性粉末。

其中，SLA（立体光固化成型）3D 打印的零件精度高（尺寸公差 $\leq 0.05\text{ mm}$ ），并且具有十分光洁的表面，打印成型零件尺寸大，可超 1 m，已经成为工业应用领域使用最为广泛的增材制造技术之一。

专业、低成本的桌面 3D 打印机的出现，加速了创新并支持各个行业的业务，包括工程、制造、牙科、医疗保健、教育、娱乐、珠宝和听力学。

## （二）3D 打印的简史

虽然 3D 打印技术在近几年才迅猛发展，得到广泛的认可和应用，但它其实已经有 40 多年的发展历史了。

3D 打印思想起源于 19 世纪末的美国。

1979 年，美国科学家 R. F. Housholder 获得类似“快速成型”技术的专利，可惜没有被商业化。

世界上第一台 3D 打印机由查克·赫尔（Chuck Hull）在 1983 年发明，这是一种被称为“立体光刻”的 3D 打印工艺，即 SLA。在 US4575330A 专利中（现已过期）（图 1-2），立体光刻技术被定义为“通过连续打印紫外线固化材料的薄层制成固体物体的方法和设备”，该专利描述为仅用于可光固化液体进行打印。赫尔 1986 年成立了

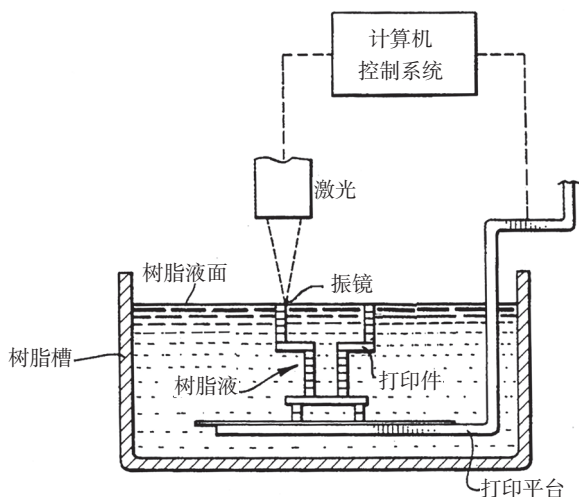


图 1-2 SLA 专利资料



“3D Systems”公司（现今是全球最大的两家 3D 打印设备生产商之一），但他很快意识到他的技术不应该仅限于液体，于是将其打印材料定义为“任何能够固化的材料或能够改变其物理状态的材料”。为此，他建立了我们今天所知道的增材制造（AM）或 3D 打印的基础，因此他也被称为“3D 打印之父”。值得一提的是，现如今被广泛应用于 3D 打印的工业标准接口文件格式 STL（标准三角语言）也是由赫尔设计的。

20 世纪 80 年代，3D 打印已初具雏形，其学名为“快速成型”。20 世纪 80 年代中期，SLS（selective laser sintering，选择性激光烧结）被在美国得克萨斯州大学奥斯汀分校的卡尔·德卡德（Carl Deckard）博士开发出来并获得专利，项目由美国国防高级研究计划局（DARPA）赞助，之后，他合伙成立了全球首家 SLS 公司 Nova Automation。其关键技术专利于 2014 年过期。

1989 年，Stratasys 公司（全球另一家最大的 3D 打印设备生产商）联合创始人斯科特·克鲁普（Scott Crump）提交了熔融沉积成型（fused deposition modeling, FDM）的专利，该专利保护期已于 2009 年届满。基于开放源代码 RepRap 模型的入门级 FDM 设备（图 1-3），已经成为今天使用数量最多的 3D 打印设备。

1991 年，Helisys 公司推出第一台 LOM（laminated object manufacturing，分层实体制造法）快速成型打印设备。

1992 年，Stratasys 公司在成立 3 年后，推出了第一台基于 FDM 技术的 3D 工业级打印机。

1992 年，DTM 公司推出首台选择性激光烧结（SLS）打印机。

1993 年麻省理工学院（MIT）教授伊曼纽尔·赛琪（Emanuel Sachs）和约翰·S. 哈格蒂（John S. Haggerty）等人发明的 3DP（three-dimensional printing）专利被授权，即三维打印技术，又称喷墨黏粉式技术、黏合剂喷射成型，美国材料与测试协会增材制造技术委员会（ASTM F42）将 3DP 的学名定为 binder jetting（BJ，黏结剂喷射）。3DP 专利是非成型材料微滴喷射成型范畴的核心专利之一。

1995 年，麻省理工学院创造了“三维打印”一词，当时的毕业生 Jim Bredt 和 Tim Anderson 修改了喷墨打印机方案，采用把约束溶剂挤压到粉末床的方案，而不是采用把墨水挤压在纸张上的方案。麻省理工学院把这项技术授权给由这两个学生创立的 Z Corporation 进行商业应用。Z Corporation 自 1997 年以来陆续推出一系列 3DP 打印机（图 1-4），后来该公司被 3D Systems 收购，并被开发成为 3D Systems 的 ColorJet 系列打印机。

1998 年，Optomec 成功开发 LENS（激光近净成型）激光烧结技术。

2005 年，Z Corporation 推出世界第一台彩色 3D 打印机 Spectrum Z510（图 1-5），标志着 3D 打印从单色迈向多色时代。

2003 年，EOS 开发 DMLS（直接金属激光烧结）技术。



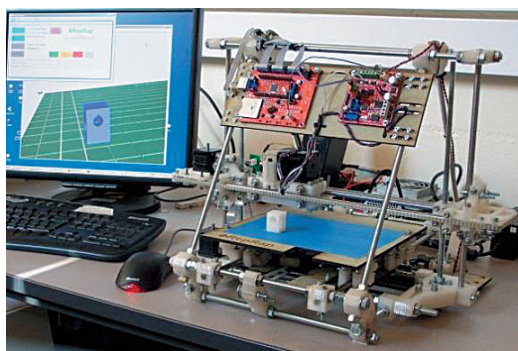


图 1-3 入门级 FDM 设备

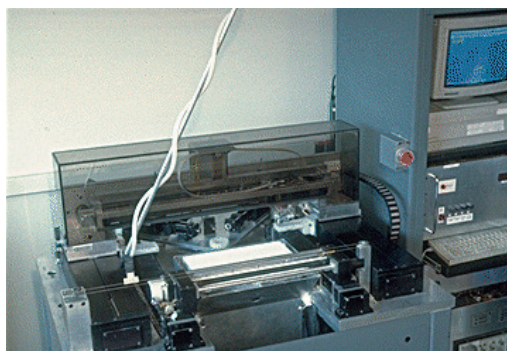


图 1-4 3DP 原始机

2008 年，第一款开源的桌面级 3D 打印机 RepRap 发布，其目的是开发一种能自我复制的 3D 打印机。桌面级的开源 3D 打印机为轰轰烈烈的 3D 打印普及化浪潮揭开了序幕。随着越来越多的制造商的追随，原本需要花费 20 万美元的 3D 打印机突然变得低于 2 000 美元，3D 打印市场在 2009 年起飞。MakerBot 公司 FDM 3D 打印机 Replicator+ 如图 1-6 所示。



图 1-5 首台彩色 3D 打印机 Spectrum Z510

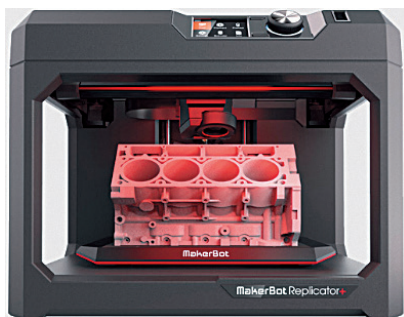
资料来源：<https://www.cdstm.cn>

图 1-6 MakerBot 公司 FDM 3D 打印机 Replicator+

资料来源：<https://digital3d.com.au>

2008 年，Objet Geometries 公司推出其革命性的 Connex500™ 快速成型系统，它是有史以来第一台能够同时使用几种不同的打印原料的 3D 打印机（图 1-7）。

2010 年 12 月，Organovo 公司，一个注重生物打印技术的再生医学研究公司，公开第一个利用生物打印技术打印完整血管的数据资源。Organovo 生物 3D 打印机如图 1-8 所示。

2011 年 7 月，英国研究人员开发出世界上第一台 3D 巧克力打印机。

2012 年 10 月，来自 MIT 的团队成立了 Formlabs 公司，并发布了世界上第一台廉价且高精度的 SLA 个人 3D 打印机 Form 1。国内的创客也由此开始研发基于 SLA 技术的个人 3D 打印机。





图 1-7 多材料 3D 打印机 Connex500™

资料来源: <https://www.yesky.com>。



图 1-8 Organovo 生物 3D 打印机

2013 年, 美国的两位创客(父子俩)开发出基于液体金属喷射打印(LMJP)工艺的消费级金属 3D 打印机, 其价格低于 10 000 美元。同年, 美国的另外一个创客团队开发了一款名为 Mini Metal Maker(小型金属制作者)的桌面级金属 3D 打印机, 主要打印一些小型的金属制品, 比如珠宝、金属链、装饰品、小型金属零件等, 售价仅为 1 000 美元。

2014 年 7 月, 美国南达科他州一家名为 Flexible Robotic Environments(FRE)的公司公布了开发的全功能制造设备 VDK6000, 兼具金属 3D 打印(增材制造)、车床(减材制造, 包括铣削、激光扫描、超声波检具、等离子焊接、研磨/抛光/钻孔)及 3D 扫描功能。

2015 年 3 月, 美国 Carbon3D 公司发布一种新的光固化技术——连续液态界面制造(continuous liquid interface production, CLIP): 利用氧气和光连续地从树脂材料中逐出模型(图 1-9)。该技术比当时任意一种 3D 打印技术要快 25~100 倍。CLIP 3D 打印机如图 1-10 所示。

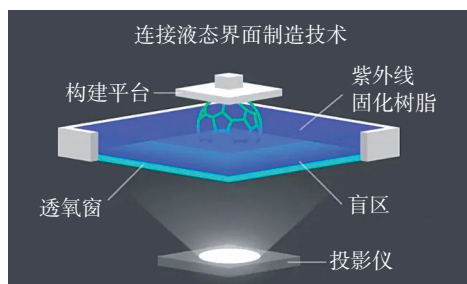


图 1-9 CLIP 技术原理

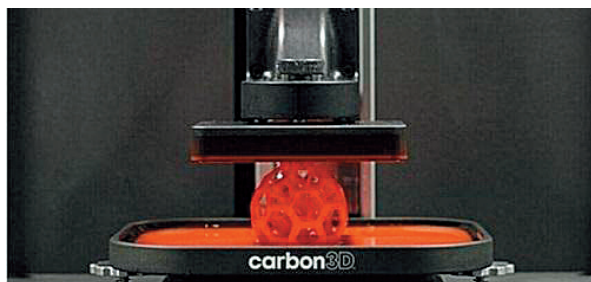


图 1-10 CLIP 3D 打印机

2017 年 11 月, 美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室与伍斯特理工学院合作研发金属直写技术(direct metal writing)。该技术所使用的打印材料不是金属粉末, 而是由金属铸块加热而成的半固体状材料, 材料中的固体金属颗粒被液体金属所包围, 呈现出膏体一样的状态。像膏体一样的金属材料在压力的作用下, 通过打印喷嘴挤出。这是一



种剪切稀化材料，当材料静止时，固体金属颗粒聚集，从而使结构变为固态。当材料流动时，固体颗粒就会断裂，从而使材料变得像液体基质一样。这种材料在冷却时变得坚硬，因而在金属直写技术 3D 打印的零件中氧化物更少、残余应力更小（图 1-11）。

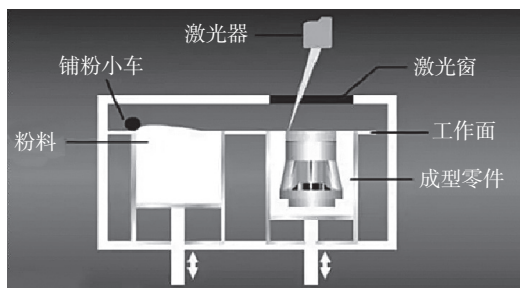


图 1-11 金属直写技术工作原理

同年 11 月，意大利 DWS 公司推出全球首台无须后道处理的生产型 3D 打印机 X CELL，该设备集自动打印、清洗和固化于一体，同时，该设备创新性地研发出可自主供应和回收材料的系统，并方便快速换料，这种颠覆性的创新标志着 3D 打印即将迈向批量生产和制造。

2018 年，NASA（美国航空航天局）宣布与 Autodesk 合作，借助 AI（人工智能）和 3D 打印两项先进技术打造了史上最复杂的行星着陆器“Spider”，从而使外部结构质量减小 35%、性能提高 30%。

2019 年 4 月，以色列科学家使用患者的细胞 3D 打印出一颗“可跳动的心脏”；5 月，美国莱斯大学与华盛顿大学的研究团队 3D 打印出“可呼吸的肺”；这一年，3D 打印出可生长的骨头、可呼吸的肺，3D 打印在生物医疗领域大放异彩。

2020 年 5 月，长征五号 B 载人飞船试验船上搭载了一台完全由中国科研团队自主研发的新型装备——“3D 打印机”。这标志着中国成为全球首个成功实现连续碳纤维增强复合材料的太空 3D 打印的国家。

3D 打印尚未达到发展极限，还有许多令人惊叹的项目在默默地研发当中。

3D 打印技术发展史时间轴如图 1-12 所示。

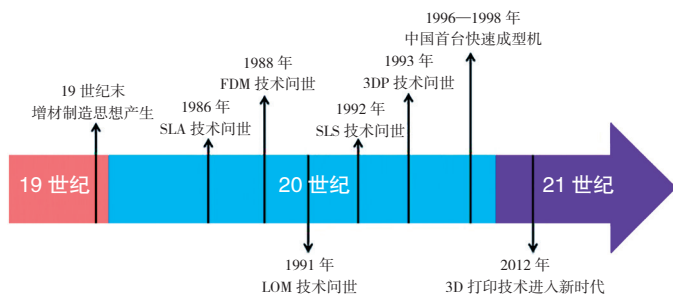


图 1-12 3D 打印技术发展史时间轴



3D 打印的概念及历史



## 二、3D 打印的技术分类

3D 打印技术总体可分为七大类，如图 1-13 所示。



图 1-13 3D 打印技术分类

### （一）光聚合

光聚合指光固化液态光敏聚合物（树脂），包括 SLA、DLP、cDLP，此处，编者认为应该增加 LCD，而 cDLP 其实是快速 DLP 的一种，可分到 DLP 中。

### （二）材料挤出

材料挤出指通过加热喷嘴沉积熔融热塑性塑料（长丝），含 FDM 一个子类。

### （三）材料喷射

材料喷射指将液态光敏熔剂液滴沉积在粉末床上并经过光固化，包含 CMJ、NPJ、DOD。



#### （四）黏结剂喷射

黏结剂喷射指液体黏合剂液滴沉积在颗粒材料床上，随后烧结在一起。

#### （五）粉末床熔融

粉末床熔融指通过高能量源融合粉末颗粒，包含 MJF、SLS、DMLS/SLM、EBM。

#### （六）定向能量沉积

定向能量沉积指熔融金属同时沉积和熔化，包含 LENS、EBAM。

#### （七）薄材层叠

薄材层叠指将单层材料切割成型并层压在一起，含一个子类 LOM。

### 三、3D 打印的优缺点

3D 打印技术是制造业领域高速发展的新兴技术，具有很多优点，也存在一些缺点，落后于传统的制造工艺。我们应该充分明白它的优缺点，扬长避短，这将帮助我们更好地应用这项技术。

#### （一）3D 打印的优点

##### 1. 制造复杂的物品

一是可制造传统工艺无法生产的复杂物品；二是制造物品的成本不随零件形状的复杂程度的提升而增加。某些零件具有复杂的形状和特殊的功能要求，并不能通过传统制造工艺获得，而 3D 打印技术的出现突破这种局面，弥补了传统制造工艺的不足。另外，对传统制造工艺而言，物体形状越复杂，制造成本就越高；而对 3D 打印来说，制造物品形状的复杂程度并不会使生产成本增加，也就打破了制造复杂物品增加成本的传统定价模式。

##### 2. 产品个性化定制

使用 3D 打印技术，任何人都可以制造他们想要的产品。传统的加工以批量生产的方式来降低成本，使消费者可以买到便宜的商品，但同时也缺失了商品的多样性；反过来说，制造少量不同的商品意味着成本的上升，这样不利于商品的销售，就像服饰一



样。一台 3D 打印机可以打印出不同形状模型，就像工匠可以制造不同形状的物品。制造不同的产品时，我们只需要更改数字设计，无须额外的工具或复杂的制造工艺。于是，3D 打印使每个项目都可以实现个性化定制，以满足不同用户的需求。

### 3. 降低生产成本

首先，节省材料成本，3D 打印是一种增材制造技术，不产生额外的浪费；其次，节省工艺成本，传统制造工艺每次新产品的制造，使用金属铸造或塑料注射成型时，都需要一个新模具，另外，装配时还需要额外的夹具，这些都增加了制造成本，而 3D 打印则不需要这些工具；再次，节省人工成本，由于 3D 打印能使产品一体化成型，无须装配，摒弃了生产线，因此 3D 打印启动后可无人值守；最后，降低仓储成本，通过 3D 打印，只有销售的产品才需要生产，因此库存过剩的现象明显减少。

### 4. 快速制造 & 降低风险

由于 3D 技术可以立即制造产品，产品可以更快地从设计转变为实际的原型，大大缩短了产品的研发周期。3D 打印可以按需打印，不需要额外的生产工具及设备，对于想要研发新品进行市场测试或小批量生产运行的设计师或者是前期缺少资金的企业而言（例如通过 Kickstarter 这样的众筹网站启动他们的产品的创造者），在这个阶段，使用 3D 打印使设计变更更容易实现，制造多个不同产品也不会增加成本。在投资昂贵的成型工具之前，通过 3D 打印验证测试原型，然后更改设计，对于那些正在创新的人来说，3D 打印为其提供一条降低风险的途径。

### 5. 减少浪费

许多传统的制造工艺都是减材制造的：从一块坯料开始，切割、加工、磨削，最终制造成想要的产品。对于许多产品（如飞机支架）来说，在此过程中会浪费 90% 的原材料；使用 3D 打印是一个增材制造的过程，是逐层累加进行制造的工艺，原材料并不会被浪费，此外，3D 打印的原材料大部分是可以循环利用的，是一种可持续发展的方式。



## (二) 3D 打印的缺点

### 1. 大批量生产成本高

虽然 3D 打印有众多优势，但仍然最适合生产小批量的产品，当涉及规模时，3D 打印工艺尚不具有竞争力，传统制造工艺更有效率、更便宜。在大部分情况下，这个转折点在 1 000 ~ 10 000 单位，这取决于材料和设计。随着 3D 打印设备和原材料的价格不断下降，增材制造有效生产的范围有望进一步扩大。

### 2. 原料限制较多

3D 打印原料的限制主要体现在两个方面：较少的材料选择；有限的强度和耐力。



(1) 较少的材料选择。3D 打印技术的局限和瓶颈主要体现在材料上。目前, 打印材料主要是塑料、树脂、石膏、陶瓷、砂和金属等, 能用于 3D 打印的材料非常有限。尽管已经开发了许多应用于 3D 打印的优质材料, 但是开发新材料的需求仍然存在, 一些新的材料正在开发中, 这种需求包含两个层面: 一是需要对已经得到应用的材料—工艺—结构—特性关系进行深入研究, 以明确其优点和限制; 二是需要开发新的测试工艺和方法, 以扩展可用材料的范围。

(2) 有限的强度和耐力。在一些 3D 打印技术中, 由于逐层制作工艺, 部件强度不均匀。因此, 3D 打印的零件通常比传统制造的零件更弱, 再现性也需要改进; 在不同设备上制作的零件可能具有稍微性质变化, 相信随着新的连续 3D 打印流程 (如 Carbon3D) 的技术改进, 这些限制在不久的将来可能会消失。

### 3. 产品精度较低

虽然 3D 打印技术能以 20 ~ 100  $\mu\text{m}$  的精度打印模型, 但与传统模具制造的产品打印成型零件的精度 (包括尺寸精度、形状精度和表面粗糙度) 无法相比, 如 iPhone 手机所控制的公差精度。

3D 打印为制作具有很小公差及设计细节的用户提供了一个很好的方法; 但对于具有更多工作部件和更细微的产品来说, 其很难与某些传统制造工艺的高精度相竞争, 如 iPhone 上的静音开关。



## 四、3D 打印的发展趋势

20 世纪 80 年代后期, 3D 打印的诞生开启了增材制造新时代。3D 打印作为一种先进的制造技术, 作为工业 4.0 中实现“智能生产”和“智能工厂”的方式, 英国《经济学人》杂志认为它将与其它数字化生产模式一起推动实现新的工业革命, 美国《时代》周刊则将 3D 打印产业列为“美国十大增长最快的工业”。目前, 3D 打印处于高速发展期, 世界各国纷纷将其作为未来产业发展新的增长点加以培育。

当前, 全球 3D 打印市场主要由美国、欧洲和亚洲的制造商主导。中国在 3D 打印领域已经取得了一定的技术积累和产业基础, 未来有望成为全球最大的 3D 打印市场。

### (一) 工业级将成为 3D 打印市场规模发展主力军

近几年, 桌面 3D 打印机由于其低廉的售价及成熟的技术, 受到越来越多用户的欢迎, 销量呈现大幅增长, 而工业级 3D 打印机则略显惨淡。

但经过多年的发展, 桌面级市场竞争已近“白热化”, 加之利润小、精度低、实用



性不佳，“天花板”效应明显。而工业级市场契合了智能制造的理念，可广泛运用于汽车、航空航天、机械工业、医疗等市场需求大、发展潜力大的领域，随着技术的逐渐成熟和成本的不断降低，将会爆发出难以想象的巨大能量。

目前，虽然消费级 3D 打印设备的出货量远远高于工业级设备，但工业级设备占整个市场的销售收入则远远高于消费级。全球 3D 打印下游行业应用中，工业级 3D 打印的应用规模远远超过消费级 3D 打印，汽车行业应用规模最大，其次是消费产品行业；再加上工业级设备关键专利解禁及其高附加值，工业级设备正逐渐独占鳌头。2015 年底，全球 3D 打印巨头 3D Systems 公司宣布停产消费级桌面 3D 打印机，转向利润更高的专业级市场和工业级市场。

## （二）金属 3D 打印领域发展迅速

金属 3D 打印被称为“3D 打印王冠上的明珠”，是门槛最高、前景最好、最前沿的技术之一。

在汽车制造、航空航天等高精尖领域，有些零部件形状复杂、价格高昂，传统铸造锻造工艺生产不出来或损耗较大，而金属 3D 打印则能快速制造出符合要求、重量较轻的产品。另外，医疗器械、核电、造船等领域对金属 3D 打印的需求也十分旺盛，应用端市场正逐渐打开。

## （三）3D 打印产业化还需时日，“增”“减”制造长期共存

3D 打印采用增材制造技术，是对以减材制造、等材制造为基础的传统制造业的创新与挑战，但并不是非此即彼的关系，而是并存互补的关系。

从历史看，传统制造业经过了几千年的积累和发展，技术、工艺、材料等已经非常成熟，而 3D 打印则是一个新生事物，只有 30 多年的发展历程，在速度、精度、强度等方面还有诸多限制，研发周期更短、用料更省，在小批量、个性化定制等方面表现出更明显的优势，虽然不能完全替代减材制造、等材制造，但作为传统制造技术的有益补充，将极大地推动制造业的转型升级。

## （四）产品生产方式加速变革，“整”“分”制造携手共进

3D 打印是工业 4.0 时代最具发展前景的先进制造技术之一，它从两个方面改变了产品的生产方式。

（1）传统制造业以“全球采购、分工协作”为主要特征，产品的不同部件往往在不同的地方进行生产，再运到同一地方进行组装。而 3D 打印则是“整体制造、一次成



型”，省去了物流环节，节约了时间和成本。

(2) 传统制造业以生产线为核心、以工厂为主要载体，生产设备高度集中。而 3D 打印则体现了以大数据、云计算、物联网、移动互联网为代表的新一代信息技术与制造业的融合，生产设备分散在各地，实现了分布式制造，从而省去了仓储环节。“整体制造”和“分布式制造”在字面上看似矛盾，但在 3D 打印技术上则实现了统一，前者强调生产过程，后者强调生产行为，共同推动产品生产方式的变革。

### (五) 成型尺寸向两边延伸，大小产品颠覆想象

随着 3D 打印应用领域的扩展，产品成型尺寸正走向两个极端。

一个往“大”处跨，从小饰品、鞋子、家具到建筑，尺寸不断被刷新，特别是汽车制造、航空航天等领域对大尺寸精密构件的需求较大，如 2016 年珠海航展上西安铂力特公司展示的一款 3D 打印航空发动机中空叶片，总高度达 933 mm。

另一个向“小”处走，可达到微米、纳米水平，在强度、硬度不变的情况下，大大减小产品的体积、减轻产品的重量，如哈佛大学和伊利诺伊大学的研究员 3D 打印出比沙粒还小的纳米级锂电池，其能够提供的能量却不少于一块普通的手机电池。

未来，3D 打印的成型尺寸将不断延伸，“只有想不到的，没有做不到的”。

### (六) 材料瓶颈待攻克，“质”“量”趋升“价”趋降

“巧妇难为无米之炊。”3D 打印材料是 3D 打印技术发展不可或缺的物质基础，也是当前制约 3D 打印产业化的关键因素。近年来，随着 3D 打印需求的增加，3D 打印材料种类得到了迅速拓展，主要包括高分子材料、金属材料、无机非金属材料三大类。但与传统材料相比，3D 打印材料种类依然偏少。以金属 3D 打印为例，可用材料仅有不锈钢、钛合金、铝合金等为数不多的几种。

另外，3D 打印对材料形态也有着严格要求，一般为粉末状、丝状、液体状等，相比普通材料价格较昂贵，无法满足个人与工业化生产的需要。足够多“买得起”的材料才能为技术的发展提供足够的选择空间、为应用的扩展提供足够的想象空间。

接下来，3D 打印材料将成为研究开发的焦点、资本涌入的风口，材料种类、形态将得到进一步拓展，价格下降可期，精度、强度、稳定性、安全性也更加有保障。

### (七) 手术可排练，治疗更精准

3D 打印的“个性化定制”与医疗行业的“对症下药”有着天然的契合性，二者的结合主要体现在以下四个方面。



(1) 术前演练。利用 3D 打印技术还原出病患部位模型，让医生更直观地了解病理结构，提高了手术的成功率。

(2) 医疗器械。其包括助听器、护具、假肢等外部设备以及关节、软骨、支架等内植物。

(3) “量身”制药。根据患者的生理特点、具体需要调配药物，提高了药物的有效性。

(4) 生物打印。用人造血管、心脏、神经、皮肤等来修复、替代和重建病损组织和器官。

尽管 3D 打印在医疗领域的应用还受材料、成本、精度、标准等制约，市场规模也较小，但考虑到巨大的需求潜力与极小的需求弹性，3D 打印在医疗领域的应用将不断扩展，在实施更为精准的诊疗方案、提供更为充足的移植器官等方面大显身手。

## （八）牵手云制造，有商业影响力的平台不断涌现

全球已经进入高度的信息化时代，互联网作为信息化的重要工具，正在重新定义各行各业。3D 打印设备尚未普及，技术使用也不“傻瓜”，没有设备、没有技术的普通人该怎样实现自己的设计想法呢？基于互联网的 3D 打印平台可担当服务供应商和需求用户之间的“红娘”，解决用户的这个“痛点”。现在有很多 3D 公司在其网站平台上提供线上服务，如未来工场、魔猴网、e 键打印等。

“互联网+3D 打印”开拓了一种全新的商业模式——“云打印”，并将共享经济的思维引进来，闲置的 3D 打印机得到了有效使用，客户也能选择称心如意的设备和供应商。

## （九）混合打印创造更多可能，功能材质色彩也混搭

随着 3D 打印技术的发展，人们对 3D 打印机的期望越来越高，早已不满足于单一功能、单一材质、单一色彩等。

3D 打印机可实现 3D 打印技术与传统数控机床技术（或不同 3D 打印技术）的自由切换，实用性将变得更强；3D 打印机的“口粮”更加丰富，金属、塑料、橡胶等多种材料（或不同属性的材料）的混合使用，将加工出结构更为复杂的产品，打印出的产品也会五彩缤纷。

日本研发出的一款五轴混合 3D 打印机，能够在现有工业级 5 轴控制技术的基础上连续进行挤出式 3D 打印和铣削作业；MIT 研发的 MultiFab 3D 打印机能同时处理包括晶状体、纺织物、光纤等 10 种材料；加拿大的 ORD Solutions 公司推出的一款 3D 打印机，可以使用 5 种不同颜色的线材打印出多彩作品。



## (十) 我国 3D 打印起步早、发展慢，产学研协同是突破口

我国 3D 打印的研究起步于 20 世纪 90 年代，在 3D 打印产业发展的整个过程中，如何协同、优化各类资源的配置，避免重复研发、低端产业聚集是决定 3D 打印行业有序发展的核心问题之一，而构建 3D 打印“产学研用”一体化协同创新平台可能就是有效途径之一。平台发挥“雷达”作用，及时共享市场信息，以客户需求为导向，集聚技术、人才、项目等行业优势资源，牵头联合企业联动融合、优势互补，最终实现产业深度融合、互利共赢。例如，山东省快速制造产业（3D 打印）创新中心联合省内多家重点院校、科研院所和制造业企业，解决 3D 打印产业发展中存在的共性关键技术瓶颈和产业发展难点等难题，并最终结合上下游传统企业共同建立 3D 打印发展生态圈。

通过协同创新，形成一个优质的技术研发平台、成果转化平台和产业推动平台，全面汇集产业专家资源和基础设施资源，形成涵盖技术、人才、平台及国际合作高度融合的协同创新系统和完善的技术开发产业链，为行业发展起到重要的支撑作用。



### 复习思考题

1. 3D 打印技术与传统剪裁技术的差别是什么？
2. 3D 打印常见的分类方式有哪些？

