

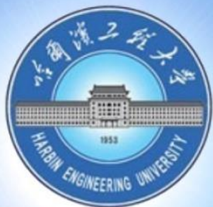


2017级本科生、2018级本科生 双创公开课

核科学与技术学院 王世磊

2018年10月27日





3D打印技术与应用





技术密集型行业

- 信息技术
- 精密机械
- 材料科学



目录

- 1、3D打印机工作原理与种类
- 2、多种打印技术的介绍与对比
- 3、实践环节

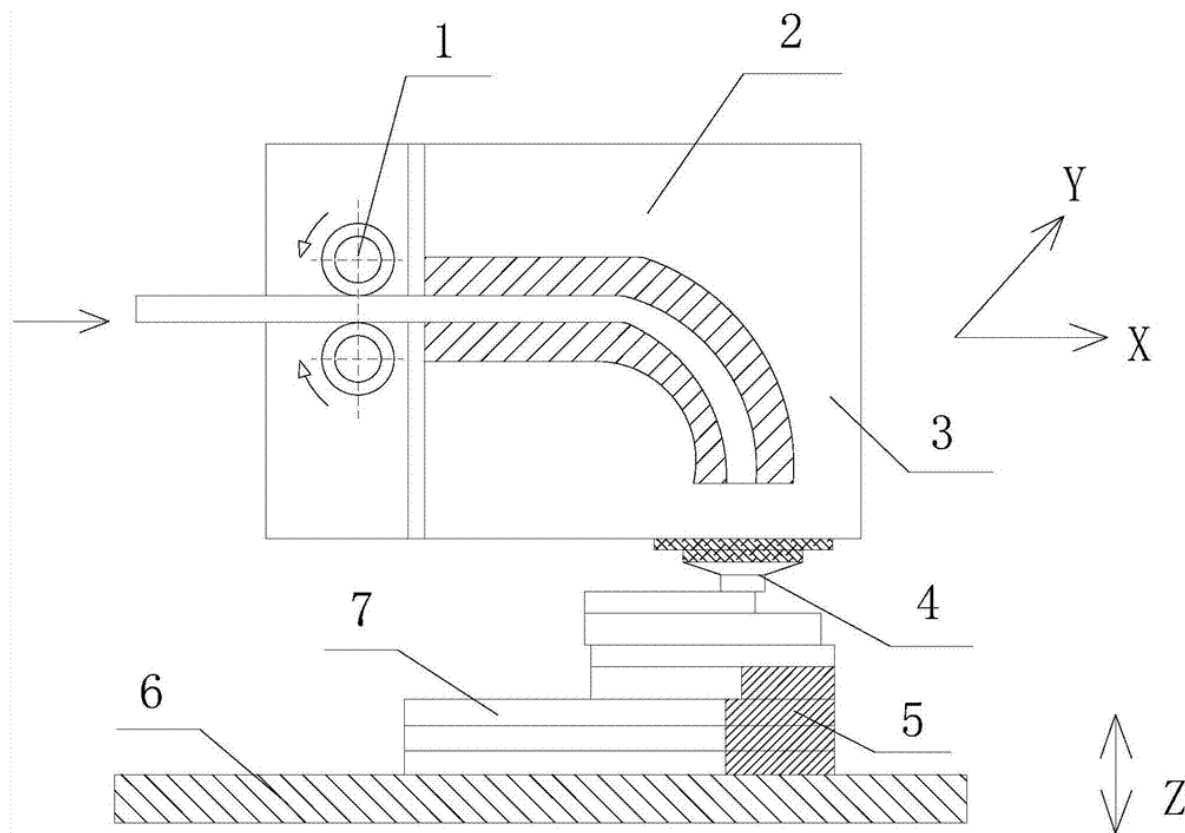
熔融沉积制造 (FDM)



熔融沉积制造(fused deposition modeling,FDM), 又称熔丝成型、丝状材料选择性熔覆、熔融挤出成型或简称熔融沉积成型等, 是采用热熔喷嘴将半流动的材料按CAD分层数据控制的路径挤压并沉积在指定的位置凝固成型, 逐层沉积、凝固成型后形成整个原型或零件。

FDM系统组成

- 供料机构
- 喷头
- 运动系统
- 工作台

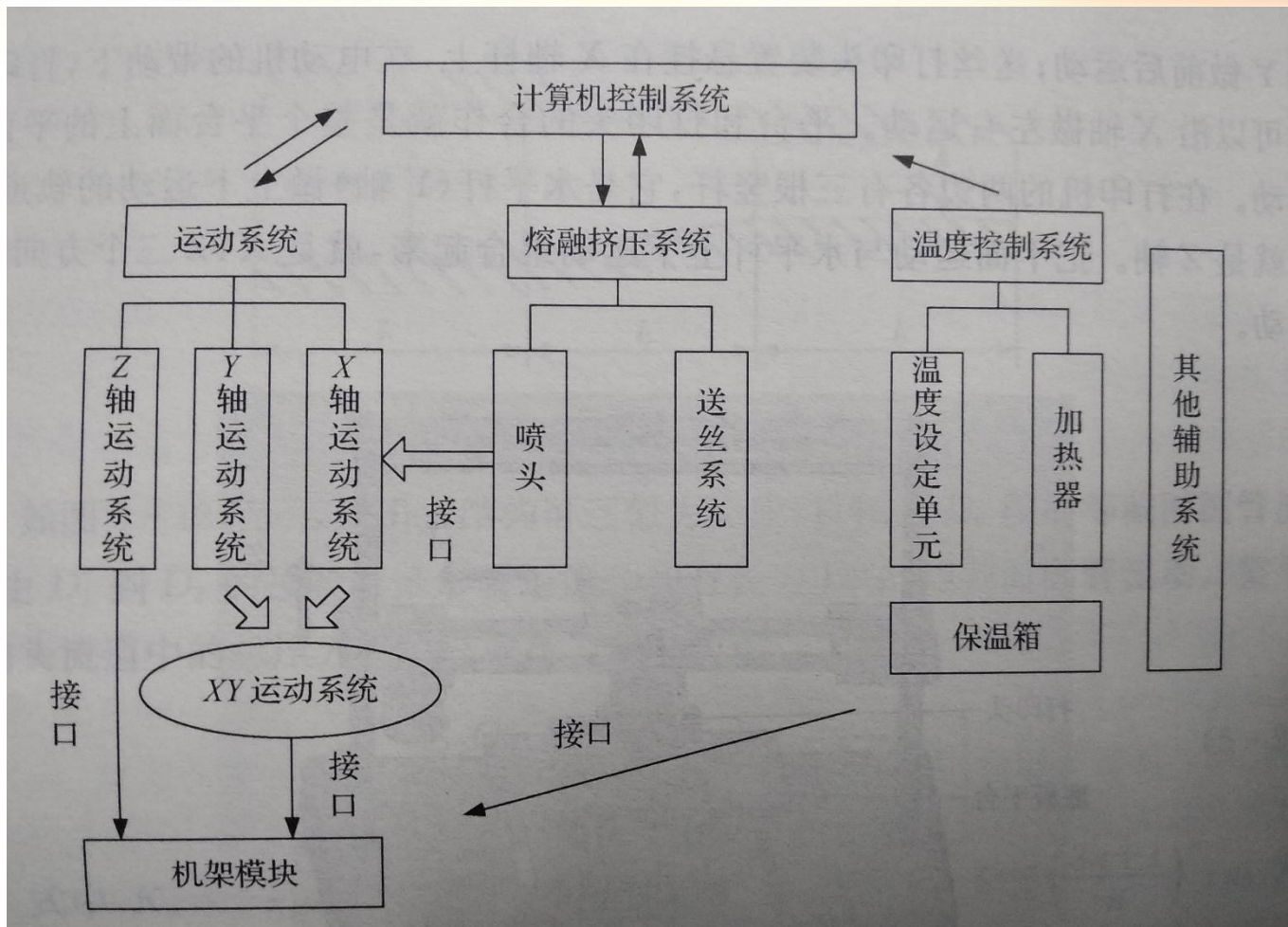


FDM控制系统硬件



主要由计算机控制系统、运动系统、熔融挤压系统、温度控制系统以及其他辅助系统组成。

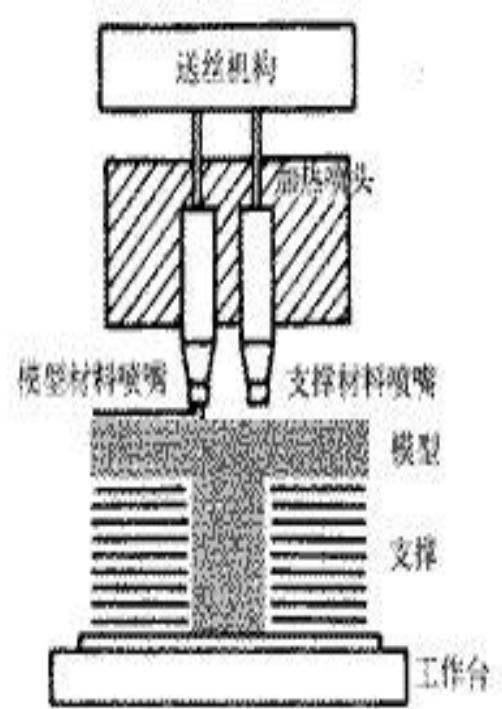
- 计算机控制系统硬件：主控制器、运动控制卡、AD/DA转换卡、数字量输入卡和数字量输出卡。
- 运动系统：采用步进式开环运动控制系统，通过三个步进电机及其细分驱动器，以及检测开关实现运动机构和工作台的运动。
- 熔融挤压系统：包括送丝机构驱动电路。
- 温度控制系统：由三组控温器、可控硅及热电偶组成。
- 其他辅助系统：包含开关量控制系统，对强电开关量、加热器开关量、调试开关量、上门开关量等一些必要的开关量进行控制，以达到特定的辅助功能。



FDM系统控制示意图

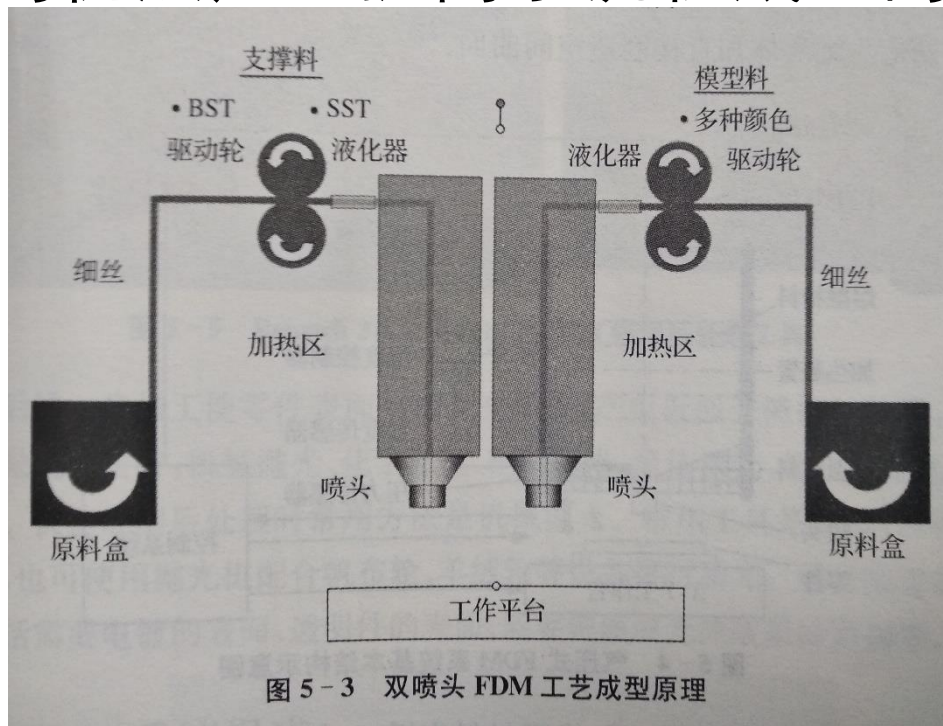
FDM成型过程

在计算机的控制下，电机驱动辊子旋转，通过摩擦力使缠绕在供料辊上的丝材向喷头送进，喷头前端的加热器将丝材加热熔化，熔融状态的热塑材料被挤出后，沉积成原型后的每一薄层，如果热熔性材料的温度始终稍高于固化温度，随即与前一层面熔结在一起。一个层面沉积完成后，喷头上升一截面层的高度或工作台按预定的增量下降一个层的厚度，再继续熔喷沉积，整个模型从基座开始，由下而上逐层生成。



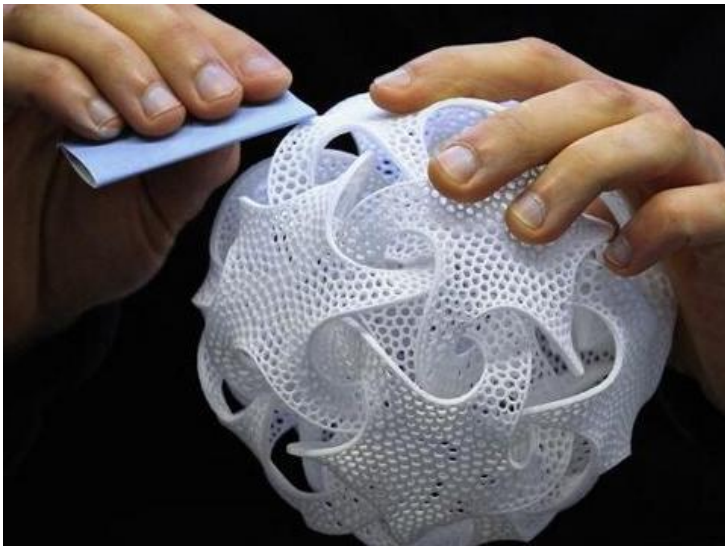
FDM成型过程

为了节省材料成本和提高沉积效率，有些FDM设备采用了双喷头或多喷头，其中一个喷头用于沉积模型材料，另一个喷头用于沉积支撑材料。采用双喷头工艺成型原理的优点是：提高了沉积成型的效率；降低了模型制作成本；允许灵活地选择具有特殊性能的支撑材料（如水溶材料、低于模型材料熔点的热熔材料等），以便后处理过程中支撑材料的去除。



FDM后处理

FDM的后处理比较简单，主要就是去除支撑和打磨。打磨的目的是去除零件毛坯上的各种毛刺、加工纹路，横切在必要时对机加工过程遗漏或无法加工的细节做修补。常使用的工具是锉刀和砂纸，不过在去除支撑的时候很容易伤到打印对象和操作人员。



FDM工艺成型质量影响因素

- FDM机器误差

{ 工作台引起的误差
X, Y轴导轨的垂直度误差
定位误差

- CAD模型误差
- 切片引起的误差
- 喷丝宽度引起的误差
- 材料收缩引起的误差

FDM成型工艺的优点



- 整个系统和操作简单，维护成本低。
- 可以使用无毒的原材料，设备系统可在办公环境中安装使用。
- 原材料在成型过程中无化学变化，制件的翘曲变形小。
- 原材料利用率高，且材料寿命长。
- 支撑去除较简单，分离较容易。
- 耗材成本低，可进行回收利用。

FDM成型工艺的缺点



- 成型件的表面有较为明显的条纹。
- 沿成型轴垂直方向的强度比较弱。
- 需要设计与制作支撑结构。
- 需要对整个截面进行扫描涂覆，成型时间较长。
- 对于内部具有很复杂的内腔、孔等零件，去除支撑比较麻烦。



光固化立体成型（SLA）

许多已知的液态光敏材料可在紫外线或其他电子束、可见光或不可见光等的照射能量刺激下转变为固态聚合塑胶。光固化立体成型（stereolithography appearance, SLA）技术正是基于光敏材料的这一特性，利用电脑三维图像结合紫外线固化塑胶与高能光束光源，实现三维物件的成型。成型时，紫外线光束在聚合物的液体表面逐层描绘物体，被照射到的表面形成固态并逐层相互固化，从而达到造型的目的。SLA是目前世界上研究最深入、技术最成熟、应用最广泛的实用化3D打印成型工艺。

SLA系统组成

一般主要包括：

- 光源系统
- 光学扫描系统
- 托板升降系统
- 涂覆刮平系统
- 液面与温度控制系统
- 控光快门系统



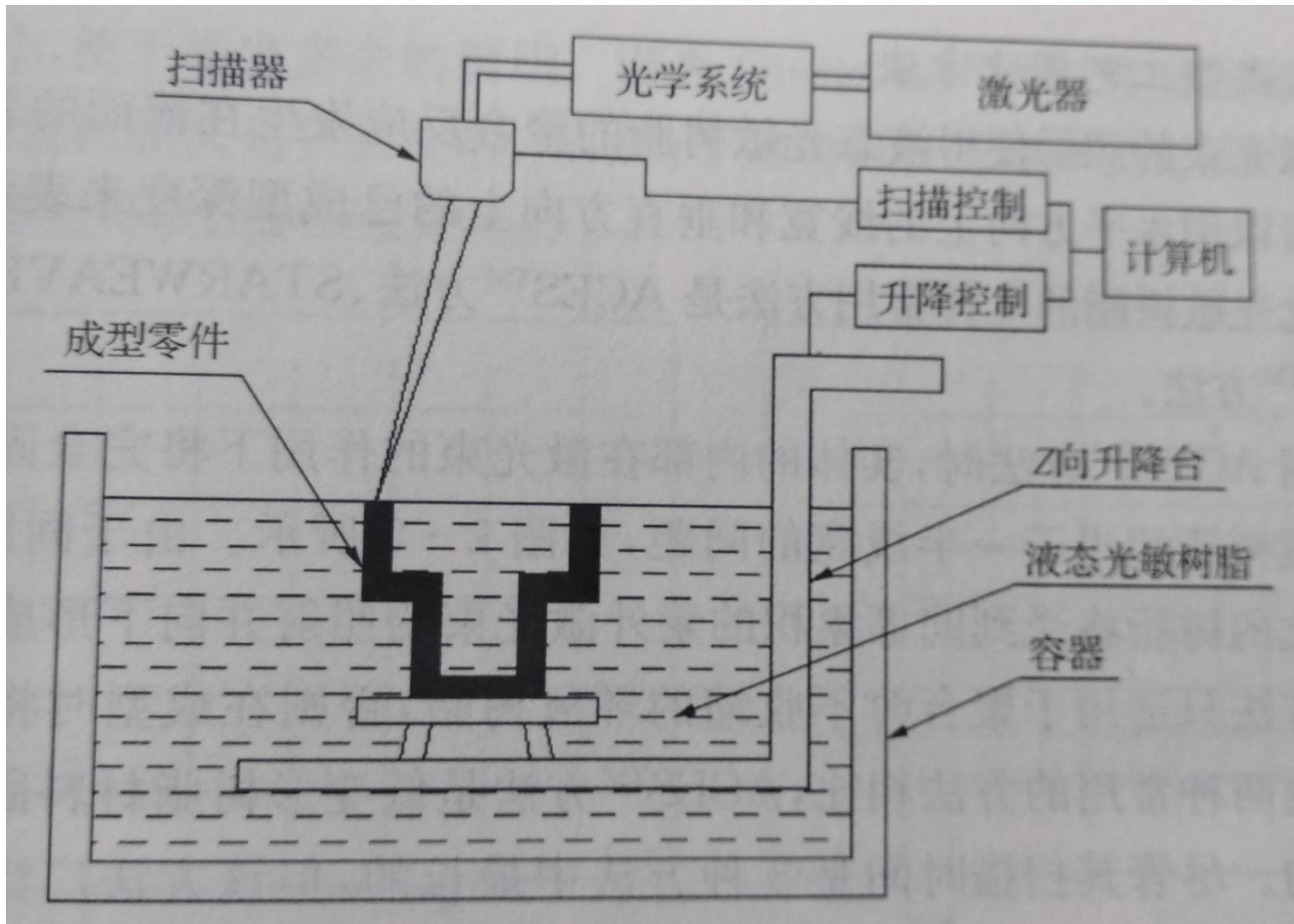


SLA成型过程

1、自由液面式成型过程

液槽中盛满液态光敏树脂，一定波长的激光光束在控制系统的控制下根据零件的各分层截面信息在光敏树脂表面进行逐点扫描，使被扫描区域的树脂薄层产生光聚合反应而固化，形成零件的一个薄层。一层固化完毕后，工作台下移一个层厚的距离，以使在原先固化好的树脂表面再敷上一层新的液态树脂，刮板随后迅速将树脂液面刮平，然后进行下一层的扫描加工，新固化的一层牢固地黏结在前一层上，如此往复纸质整个零件制造完毕，得到一个三维实体模型。

SLA成型过程



自由液面式成型过程

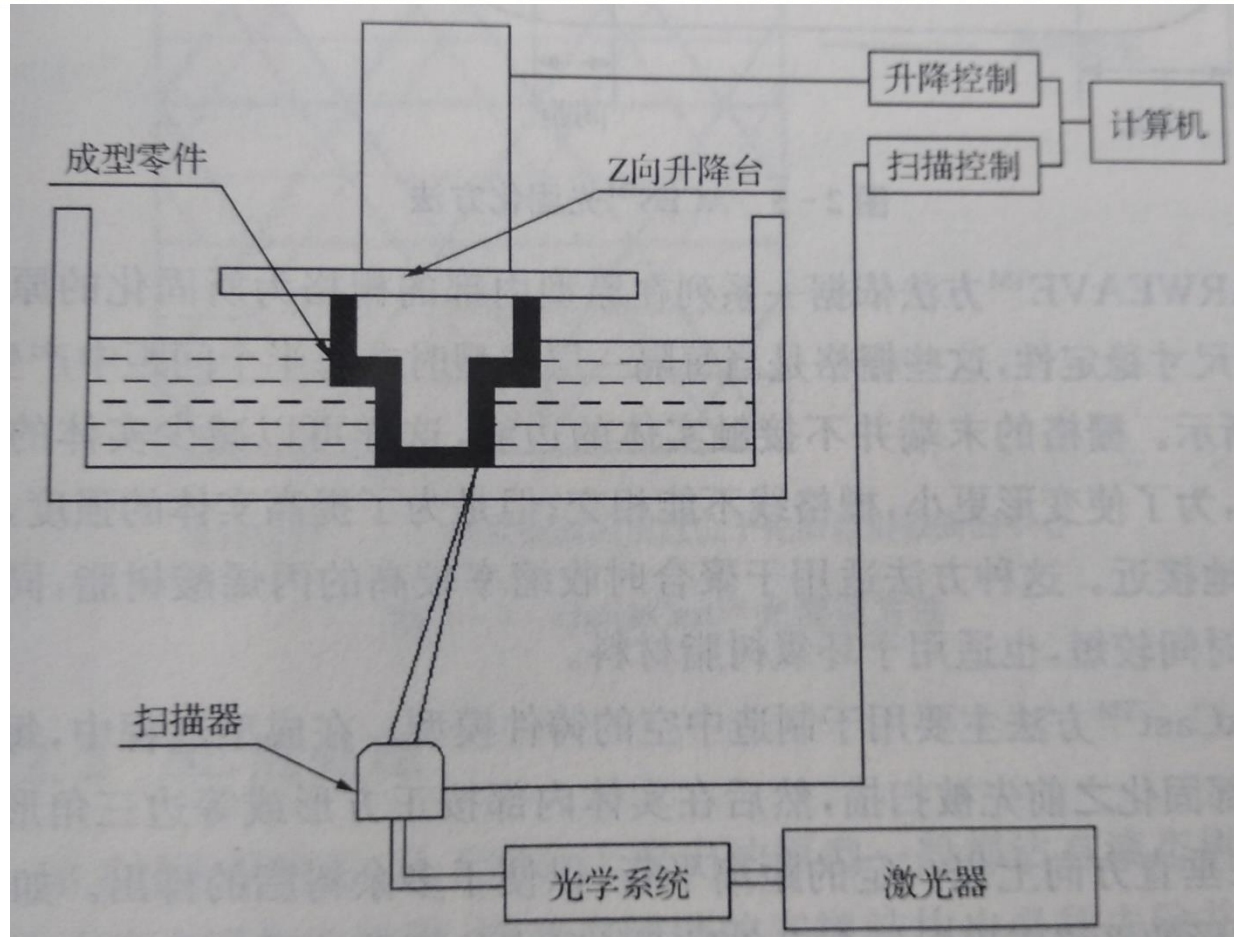


SLA成型过程

2、约束液面式成型过程

与自由液面式成型过程相反，约束液面式的成型零件倒置于基板上。激光光束从液槽下往上照射，最先成型的层片位于最上方，每层加工完之后，向上移动一层距离，液态树脂充盈于刚加工的层片与底板之间，光继续从下方照射，最后得到一个三维实体模型。

SLA成型过程



约束液面式成型过程



SLA成型工艺优点

- 成型过程自动化程度高。
- 尺寸精度高。精度可达 $\pm 0.1\text{mm}$ 以内，有时甚至可达 $\pm 0.05\text{mm}$ 。
- 表面质量较好。
- 系统分辨率较高。
- 制作的原型可以在一定程度上代替塑料件。



SLA成型工艺缺点

- 成型制件外形尺寸稳定性差。
- 需要设计模型的支撑结构。
- SLA设备运转及维护费用高。
- 可使用的材料种类较少。（主要为感光性的液态树脂）
- 液态树脂有一定的气味和毒性。平时也要避光保存，以防止提前发生聚合反应。
- SLA成型件不便进行机械加工，强度较弱。



选择性激光烧结(SLS)

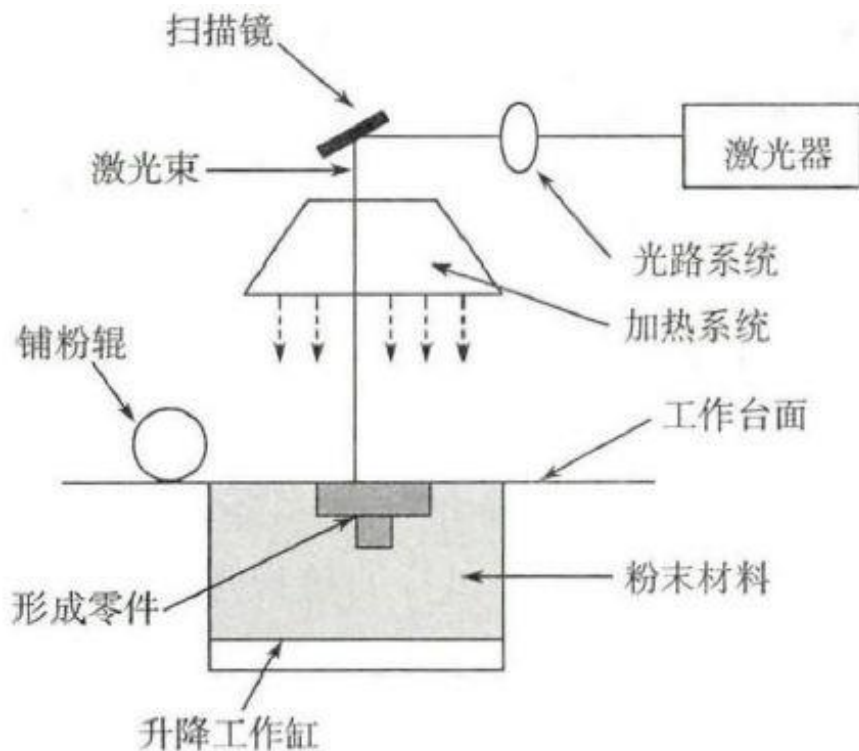
选择性激光烧结 (selected laser sintering, SLS) 又称选区激光烧结，是一种采用激光有选择地进行分层烧结固体粉末，并使烧结成型的固化层层层叠加生成所需形状零件的工艺。从理论上来说，任何受热后能够黏结的粉末都可以作为SLS的原材料，如塑料、石蜡、金属、陶瓷等等。金属粉末的激光烧结技术因其特殊的工业应用，以成为近年来研究的热点，该技术能够使高熔点金属直接烧结成型为金属零件。



SLS系统组成与加工过程

一般主要包括：

- 高能激光系统
- 光学扫描系统
- 加热系统
- 供粉及铺粉系统



SLS成型工艺优点

- 成型材料广泛，包括高分子、金属、陶瓷、砂等多种粉末材料。
- 零件的构建时间较短，可达1inch/h的速度。
- 所用没有用过的粉末都能在下次打印循环利用。
- 此技术最主要的优势在于金属成品的制作，其制成的产品可具有与金属零件相近的机械性能，故可用于直接制造金属模具以及进行小批量零件生产。





SLS成型工艺缺点

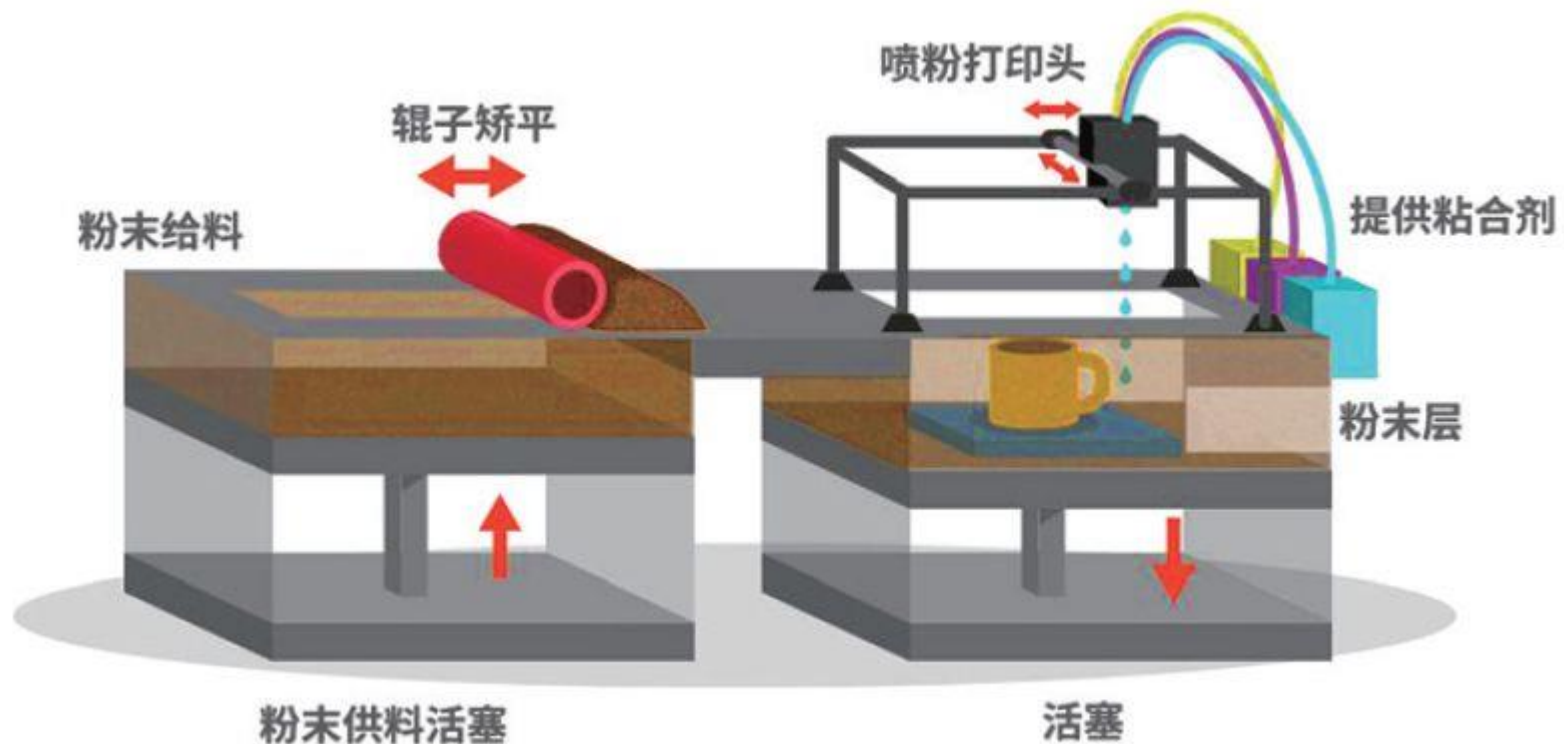
- 粉末烧结的表面粗糙（精度为 $0.1\sim 0.2\text{mm}$ ），需要后期处理。
- 无法直接成型高性能的金属和陶瓷零件，成型大尺寸的零件时容易出现翘曲变形。
- 由于使用了大功率激光器，除了本身的设备成本，还需要很多辅助保护工艺，整体技术难度较大，制造和维护成本非常高。
- 需要对加工室不断地充氮气以确保烧结过程的安全性，加工的成本高。



三维印刷成型 (3DP)

三维印刷成型 (three dimensional printing, 3DP) 工艺分为粉末黏结3DP工艺与微喷光固化3DP工艺。3DP工艺和SLS工艺相似，但固化方式不同：首先铺粉作为基底，按照原型零件分层截面轮廓，喷头在每一层铺好的材料上有选择性地喷射黏接剂，喷过黏接剂的粉末材料被黏结在一起，其他地方仍为松散粉末，层层黏结后去除未黏结的粉末就得到了一个三维实体。

三维印刷成型 (3DP)





3DP成型工艺优点

- 易于操作，可用于办公环境，作为计算机的外围设备之一。
- 可使用多种粉末材料及色彩黏结剂，制作彩色原型。
- 不需要支撑，成型过程不需要单独设计支撑。
- 成型速度快。
- 不需要激光器，设备价格比较低廉。

3DP成型工艺缺点

- 精度和表面光滑度不太理想，可用于制作人偶和产品概念模型。
- 由于黏结剂从喷嘴中喷出，黏结剂的黏结能力有限，原型的强度较低。
- 原材料（粉末、黏结剂）价格昂贵。

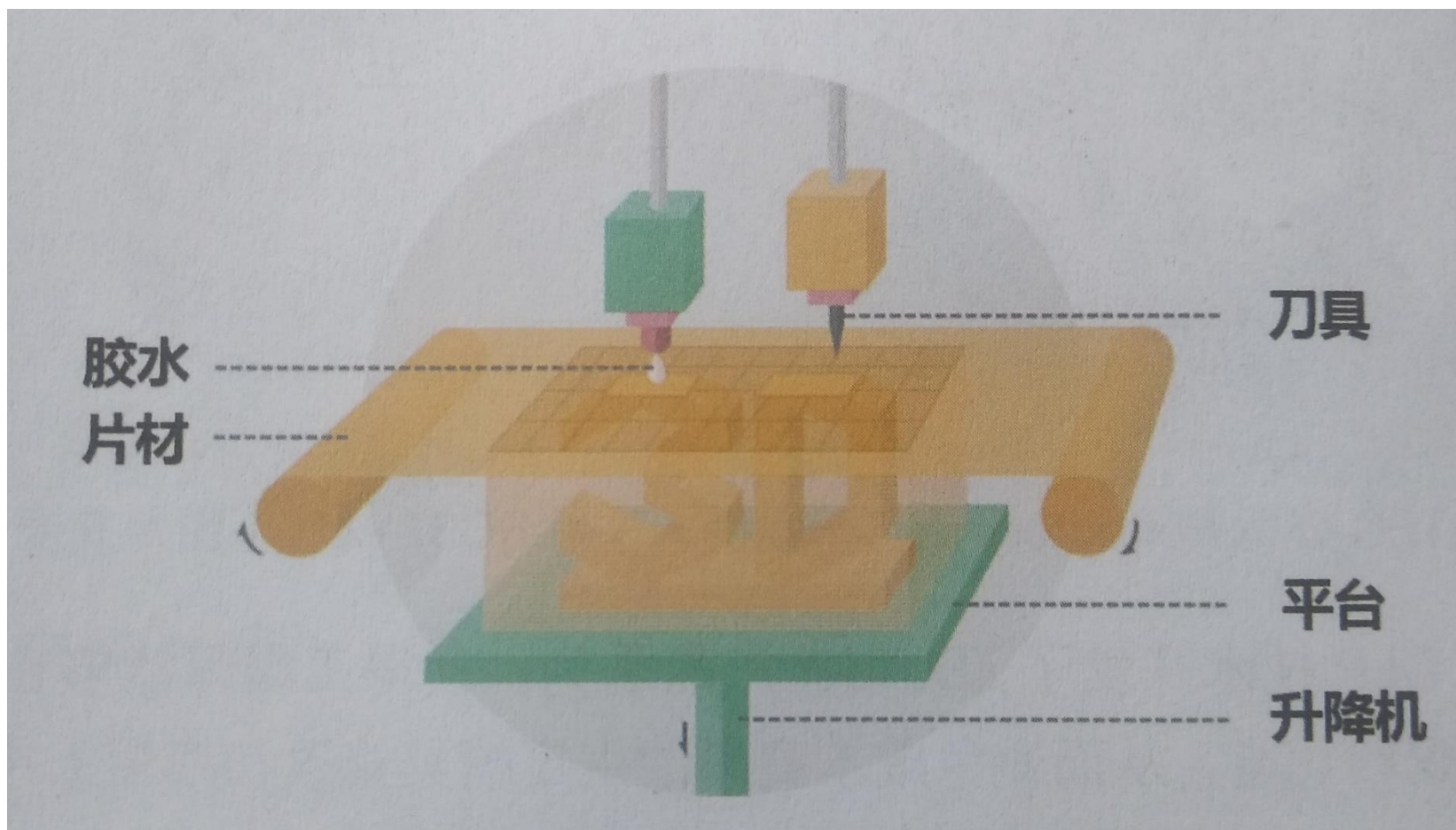




分层实体制造 (LOM)

分层实体制造 (laminated object manufacturing), 又称为狭义的叠层制备技术, 该技术是利用薄片材料、激光、热熔胶来制作叠层结构。该系统主要包括计算机、数控系统、原材料存储与运送部件、热黏压部件、激光切系统、可升降工作台等部分。激光切割器将沿着工件截面轮廓线对薄膜进行切割, 热黏压部件将逐层地把成形区域的薄膜黏合在一起, 直至工件完全成形。

LOM的技术原理



LOM技术的优点



- 成本低：因为没有涉及化学反应，所以零件可以做得很大。
- 仅切割内外轮廓，内部无须加工，所以这是一个高速的快速成型工艺。
- 不存在收缩和翘曲变形，无须设计和构建支撑结构。

LOM技术的缺点

- 不能制造中空结构件。
- 比较浪费材料。目前常用的只是纸。
- 需要专门实验室环境，维护费用高昂。



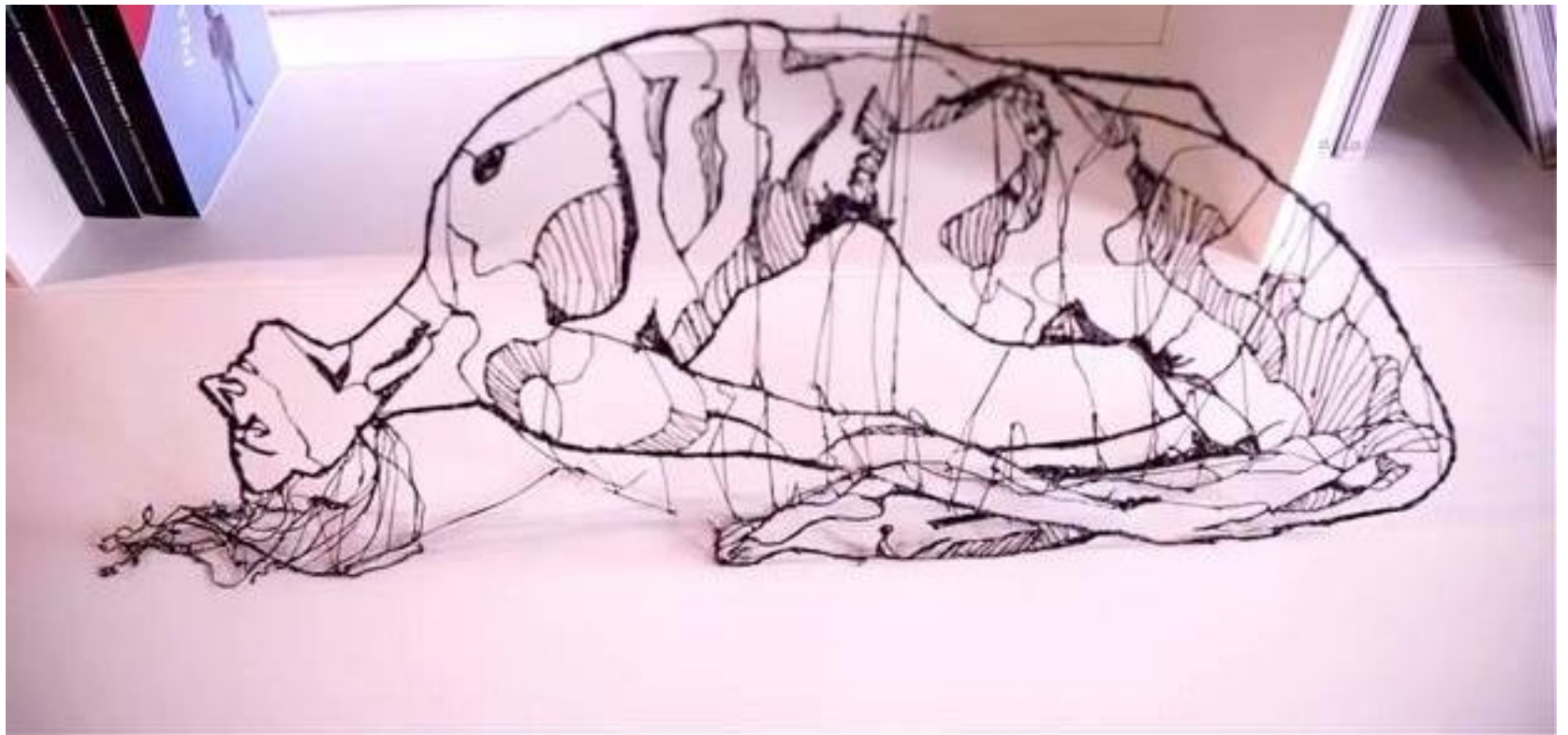


| 工艺 | 光固化成 | 叠层实体制造 | 选择性激光烧结 | 熔融沉积制造 | 三维印刷成型 |
|--------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|--------------|----------------------------|
| 缩写 | SLA | LOM | SLS | FDM | 3DP |
| 材料类型 | 液体（光敏聚合物） | 片材（塑料、纸） | 粉末（聚合物、金属） | 线材（塑料） | 粉末（石膏、塑料） 液体（光敏树脂混合物） |
| 单层厚度（mm） | 0.001. | 0.0020 | 0.0040 | 0.0050 | 0.0020 |
| 精度（mm） | ± 0.0050 | ± 0.0040 | ± 0.0100 | ± 0.0050 | ± 0.0040 |
| 速度 | 一般 | 快 | 快 | 慢 | 很快 |
| 悬空处是否需要支撑物 | 是 | 是 | 否 | 是 | 否 |
| 首次将该工艺商业化的公司 | 3D Systems | Helisys(改为Cubic Technologies) | DTM(2001年被3D Systems 收购) | Stratasys | Z Corp(2012年被3D Systems收购) |



动手实践环节

打印参考实例





打印参考实例

logo



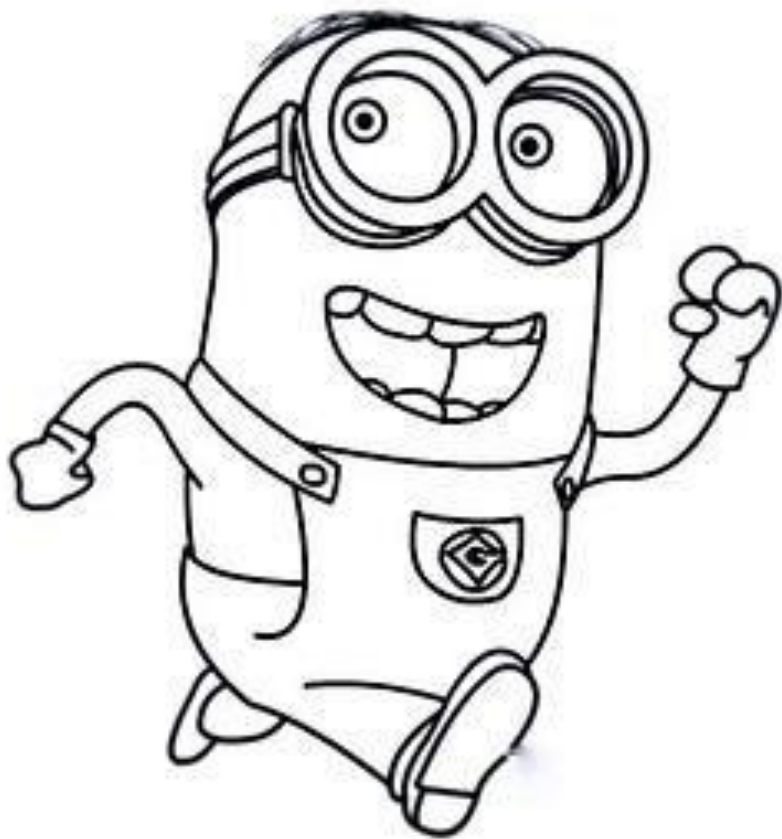
4



祈年殿·北京



打印参考实例



打印参考实例





谢谢大家的观看