

AMiner

3D打印研究报告



CONTENT 目录

1

概述篇

2

技术篇

3

人才篇

4

应用篇

5

趋势篇

01

概述篇

01

3D打印相关概念

3D打印（3D printing），即增材制造技术，是快速成型技术的一种。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，利用激光束、热熔喷嘴等方式将金属粉末、陶瓷粉末、塑料、细胞组织等特殊材料进行逐层堆积粘结，最终叠加成型，制造出实体产品。

02

3D打印材料

3D打印所使用的材料均针对3D打印设备专门研发，其形态为粉末状、丝状、层片状、液体状等等，与普通材料有所区别。以粉末状打印材料为例，根据打印环境的不同，其粒径一般为1-100 μm 不等，且一般要求粉末有高球形度。

03

3D打印机

3D打印可以简单地理解为“多层的二维打印”，3D打印机一般使用特制的材料，基于笛卡尔机械坐标系，按照三维图纸，将其一层层喷涂或者熔结到三维空间中，从而制作出传统制造工艺难以制作的高复杂度产品。

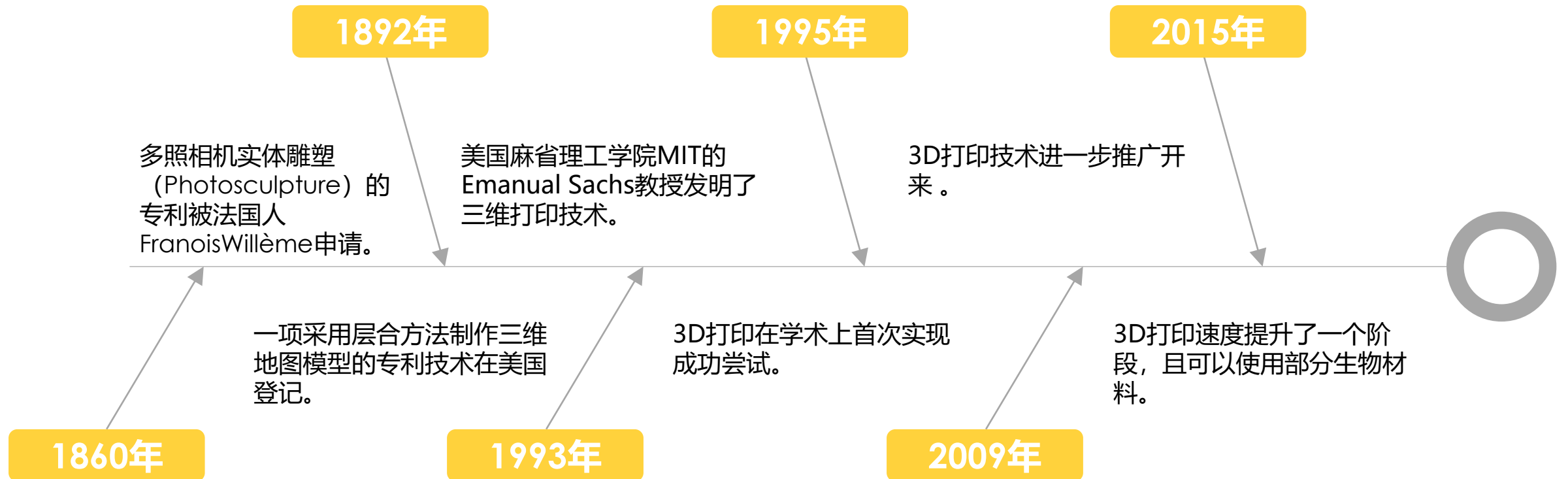
04

3D打印优缺点

优势：3D打印作为一种新型制造技术，突破了传统制造业技术的几个复杂性难题：形状复杂性、材料复杂性、层次复杂性和功能复杂性。也能减少成本，加速由设计到实现的过程。

不足：现在受材料等因素的限制，3D打印产品的实用性仍存有疑问。同时也存在知识产权与社会道德的问题。

3D打印（3D printing），即增材制造技术，是快速成型技术的一种。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，利用激光束、热熔喷嘴等方式将金属粉末、陶瓷粉末、塑料、细胞组织等特殊材料进行逐层堆积粘结，最终叠加成型，制造出实体产品。



3D打印所使用的材料均针对3D打印设备专门研发，其形态为粉末状、丝状、层片状、液体状等等，与普通材料有所区别。

以粉末状打印材料为例，根据打印环境的不同，其粒径一般为1-100 μ m不等，且一般要求粉末有高球形度。

1

ABS塑料

2

PLA塑料

3

工程塑料

4

光敏树脂

5

橡胶类材料

6

金属材料

7

陶瓷材料

8

复合型石膏粉末

9

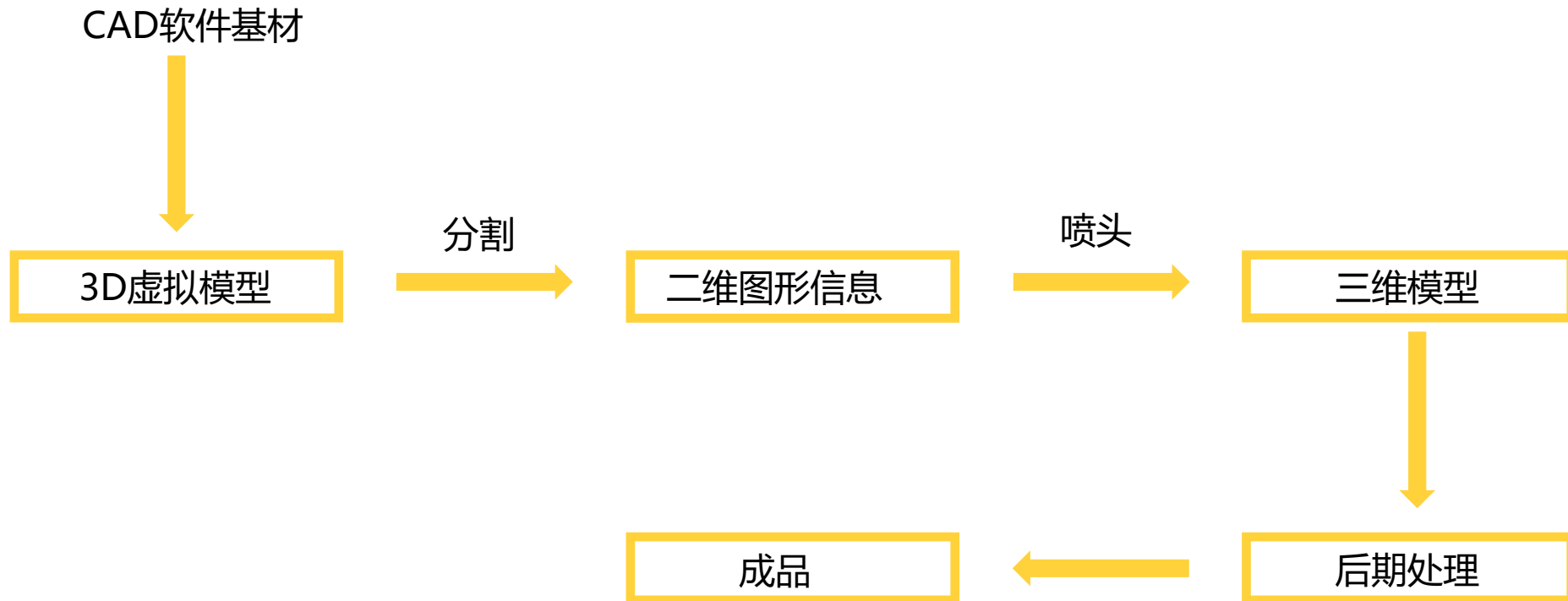
蓝蜡和红蜡

10

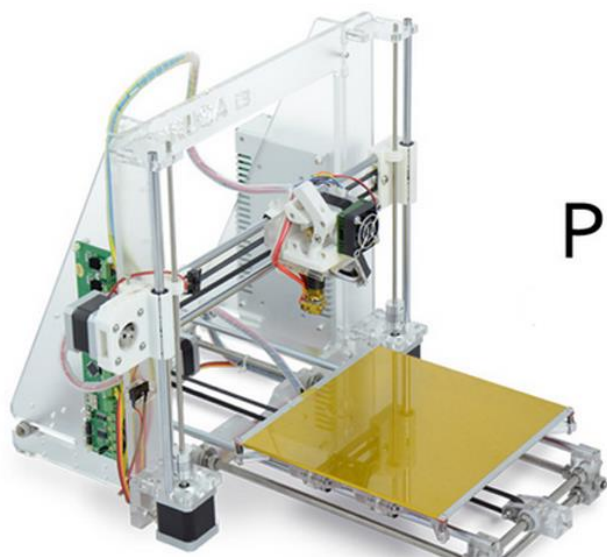
其他材料

3D打印机主要由高精度机械系统、数控系统、喷射系统、计算机技术组成的机电一体化复杂系统。

概括来说，3D打印机的制造过程一般要经历三维建模、分层切割、打印喷涂和后期处理四个阶段。



打印机可以按照其机械结构分为Pursa-i3框架结构、箱体结构、Delta三角洲结构与其他结构。



Prusa i3

Prusa i3框架结构打印机示意图

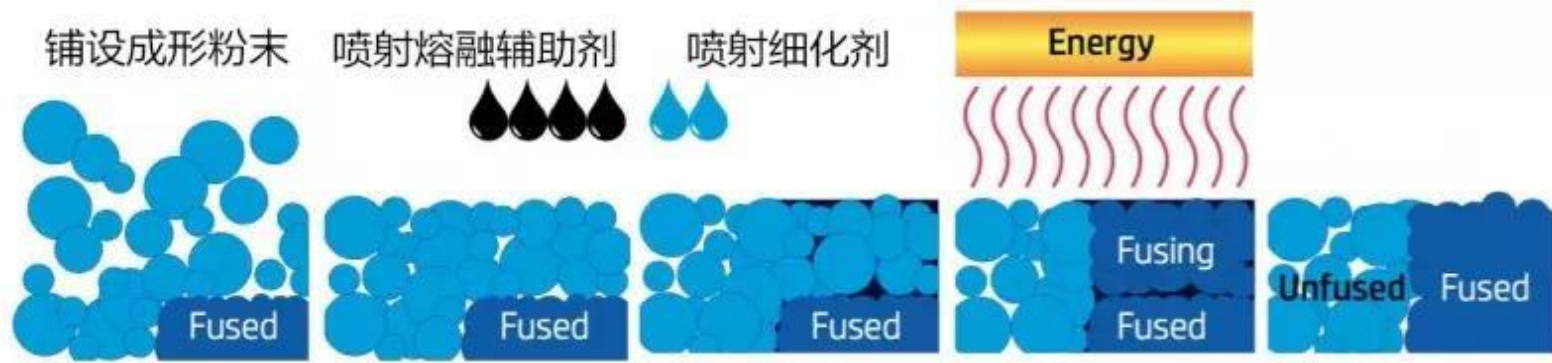


箱体结构3D打印机示意图



Delta三角洲打印机示意图

MJF (2014)



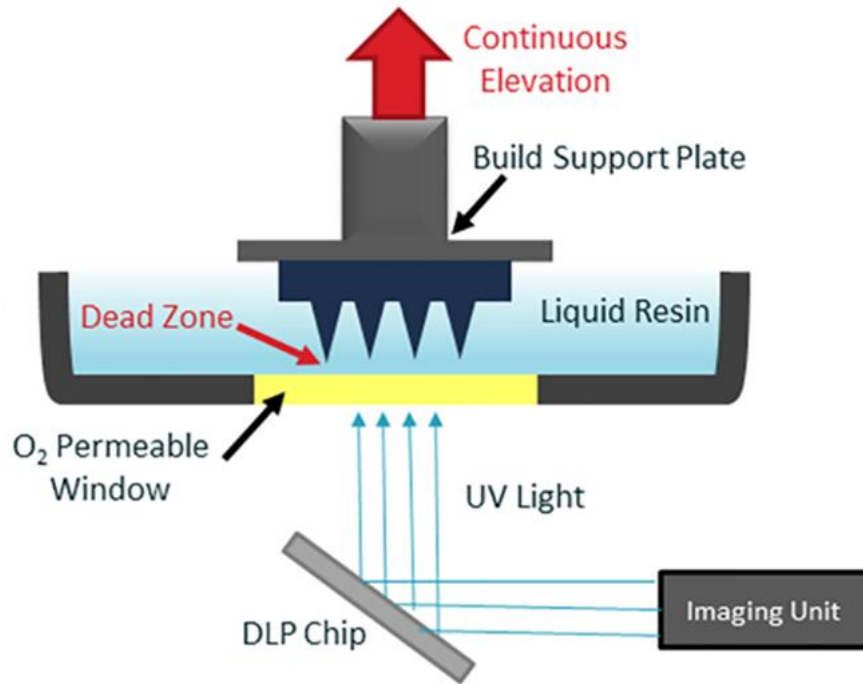
MJF技术流程示意图

多射流熔融技术(Multi-Jet Fusion, 简称MJF), 特点是利用两个单独的热喷墨阵列来制造全彩3D物体的。

MJF3D打印工艺使用多种粘合剂和固化剂, 使用多喷头革新了打印方式, 可以实现丰富的纹理细节, 融合了以往3D打印技术高速度、高强度、高精度的特点。

CLIP (2015)

Continuous Liquid Interface Production



CLIP技术流程示意图

连续液界面生产工艺（Continuous Liquid Interface Production, 简称CLIP）工作原理是通过操纵光和氧气，将液体媒介中的物体融合在一起，构造出物体的3D模型。

CLIP通过使用激光矫正和氧气固化流程，把传统机械的打印方法改变成可调谐的光化学过程，把层层叠加变成一次成型，是一种颠覆性技术。

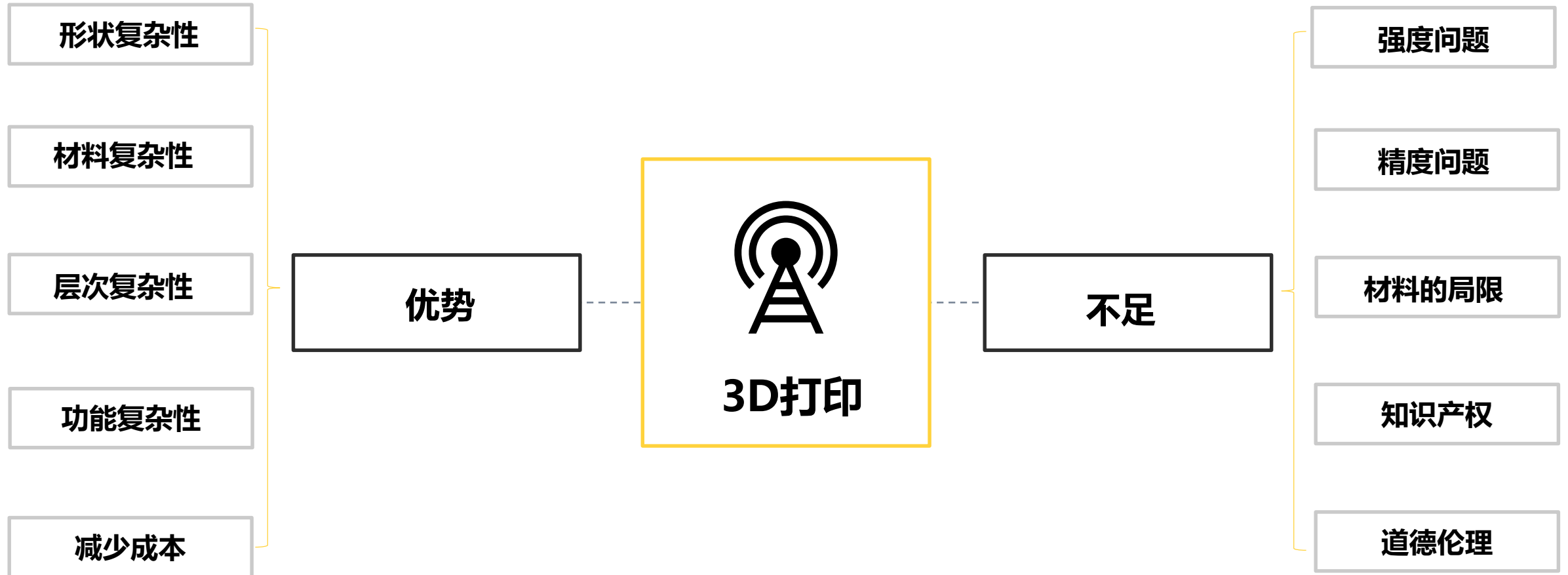
Nano Particle Jetting (2016)



Nano Particle Jetting技术流程示意图

纳米金属射流（Nano Particle Jetting）使用的原材料是液态金属。作业开始时，打印机会首先将大分子金属颗粒粉碎成纳米级技术颗粒。

纳米金属射流技术可以快速打印出金属部件，该技术具有将金属3D打印的速度和打印量都提升了一个台阶，并且可以实现极高的精度和表面光洁度，真空环境操作简单安全，支撑易拆除。但温度耐受能力较传统金属3D打印较低。



02 技术篇

1

切片算法

2

路径规划算法

3

几何优化问题

4

结构分析

5

材料表面效果

6

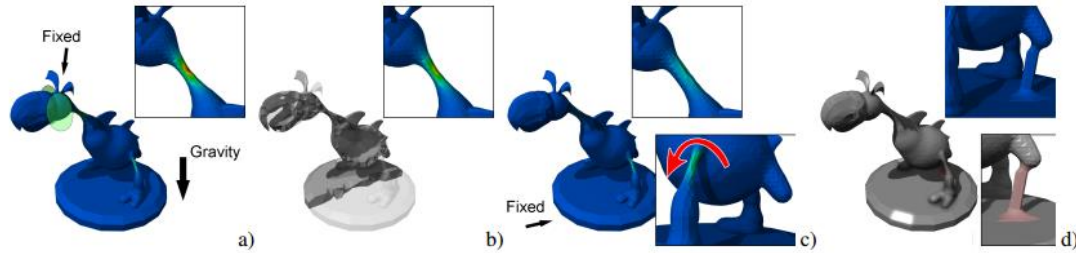
变形效果定制

7

机构设计

8

自支撑结构设计



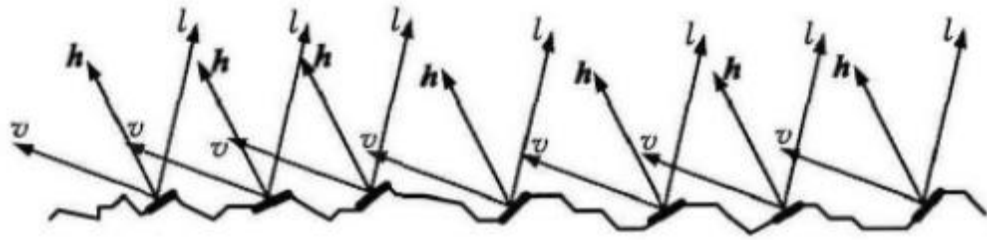
Ondrej Stava应力消除算法示意图

应力消除

Ondrej Stava提出了应力消除的算法，依据原有模型创建新模型，使其与原模型外观相同，同时提高其结构强度。

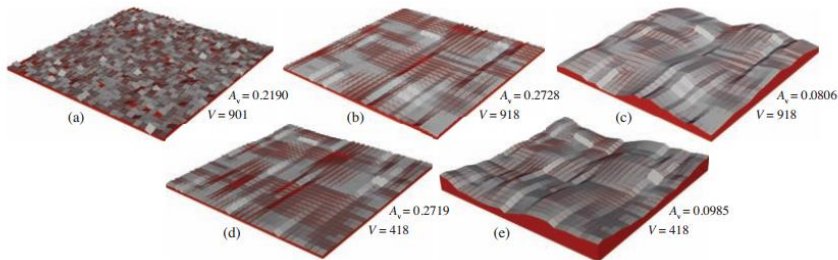
最不利荷载

对于应力消除的弊端，可以通过最不利荷载的算法来弥补，该方案通过模态分析（Modal Analysis），计算输入模型的各阶模态，对模型的每一阶模态，计算提取出相应的薄弱区域



Microfacet 与光源方向 l , 视线方向 v , 半角矢量 h

Weyrich微平面算法示意图



微平面高度场算法示意图

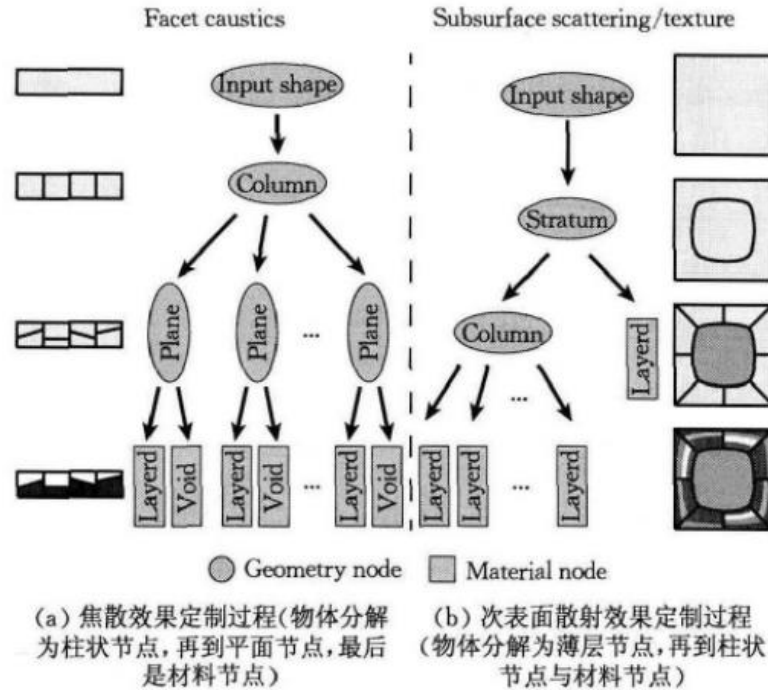
次表面散射效果定制 (Subsurface Scattering)

Hasan等人测量一组给定材料的次表面散射特性，采用双向表面散射反射分布函数 (Bidirectional Surface Scattering Reflectance Distributional Function, BSSRDF) 描述其特征曲线；

空间变化反射效果 (Spatially varying reflectance)

Microfacet理论基本假设是，表面是由很多微平面 (microfacet) 组成，这些微平面都很小，无法单独看到；并假设每个microfacet都是光学平滑的。

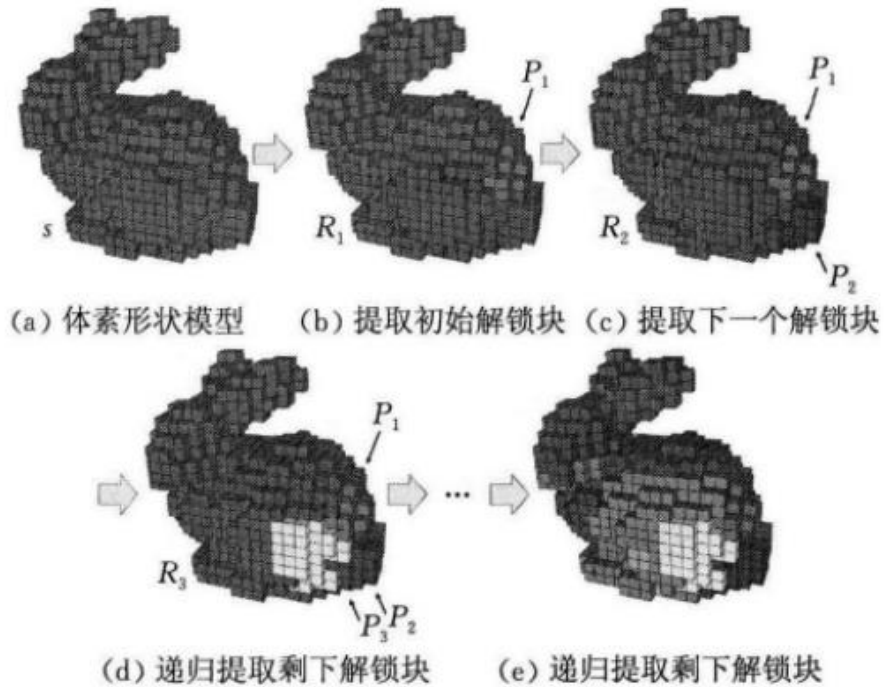
每个microfacet把一个入射方向的光反射到单独的一个出射方向，这取决于microfacet的法向 m 。



不同材料的联合打印可以使我们能制造等复杂的物体，突破单一材料的局限。Bickel等人研究了材料混合打印的问题，即如何在微尺度上，根据基础材料的力学性能曲线，打印出制定力学性能的多元材料混合体。

当前，多材料3D打印机在打印对象时需要指定对象内部的每一个要素，如果还需要一定的功能或其他要求时，确定体素的工作极其复杂，很难求解。因此，这一工作就需要采用一定的简化来表示。为了实现这一目标，Chen等人采用简化树 (Reducer tree) 方式。

材料赋值参数化流程图



Song基于连锁积木的拆分算法流程图

积块式机构

积块式机构指由一些块状、片状或板状构件按一定要求组装在一起，构件间互相咬合锁定，最终形成一个稳定的结构。

动态玩具机构

给定一个运动的输入，可以是一组动画曲线，也可以是一段动画视频，系统会从预定义的部件库中选取合适的部件将其组合，然后再优化这些部件的参数，使整个机构的运动输出与所给运动输入保持一致。

关节机构

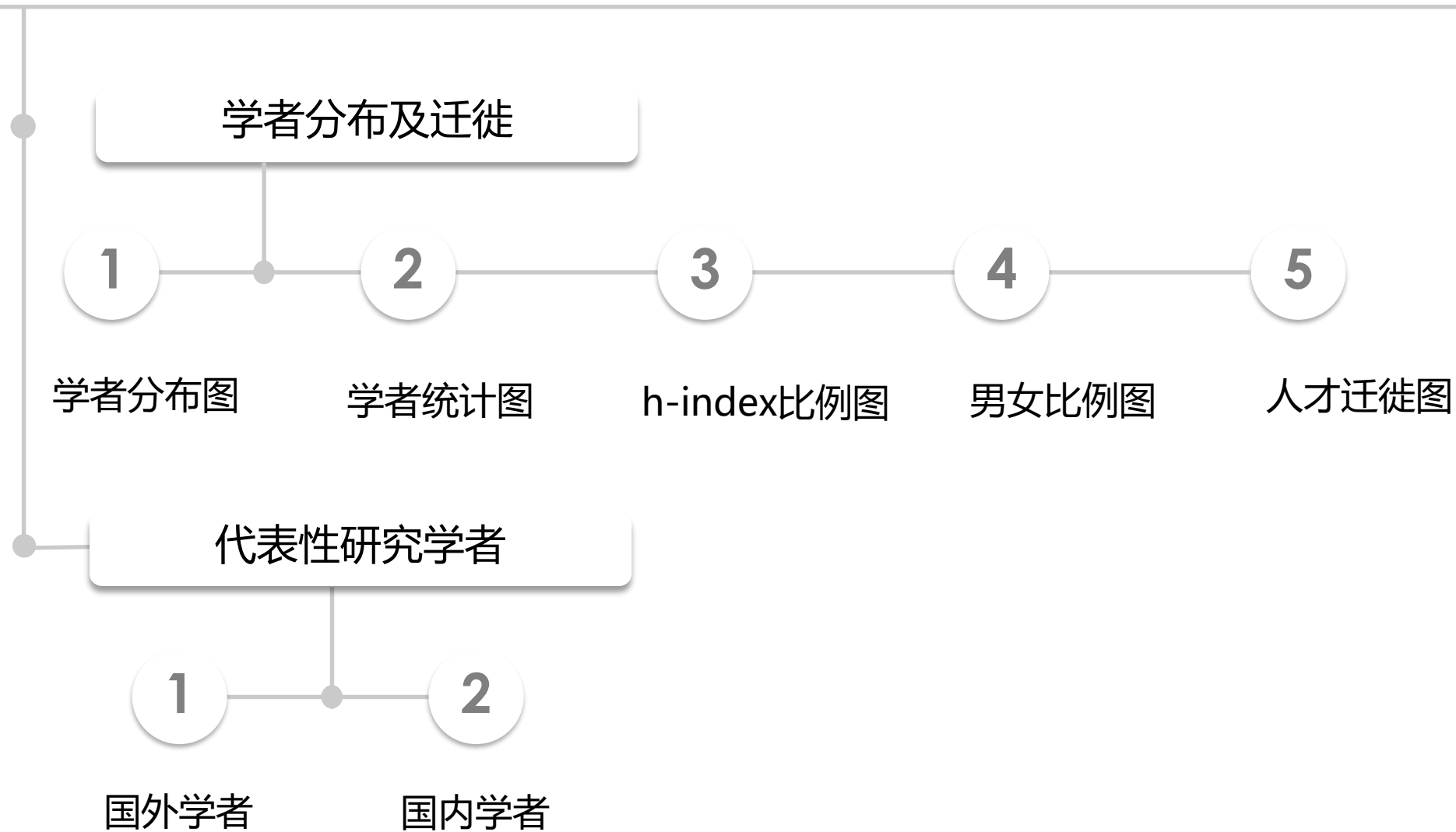
首先，将所给模型按一些要求分割为不同组成部分；然后将分割后的模型用合适的关节拼接起来。两人在分割方法与关节处理稍有不同。

免组装机

免组装机是指在零件设计阶段将组成机构的各个零件组装好，然后一次性直接制造出，免去后续组装工序的机构。

03

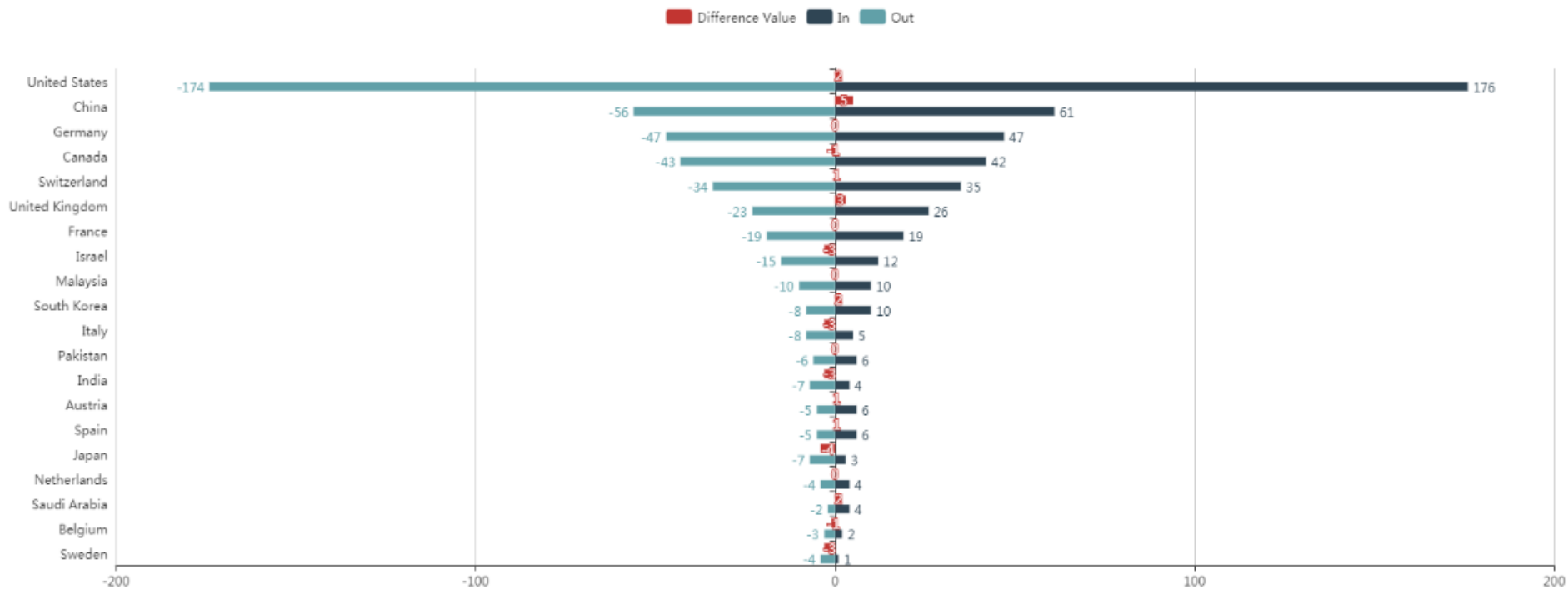
人才篇





AMiner基于3D打印领域三个最顶级国际期刊发表的学术论文，ACM T GRAPHIC，IEEE-ASME T MECH与J INTEL MAT SYST STR，进行统计。一篇论文如果有多个作者，则每个作者均统计一次，按照近五年（2014-2018）发文量，取发文量**前315**的学者（发文数 ≥ 3 ），兼顾发文被引用量，进行分析。

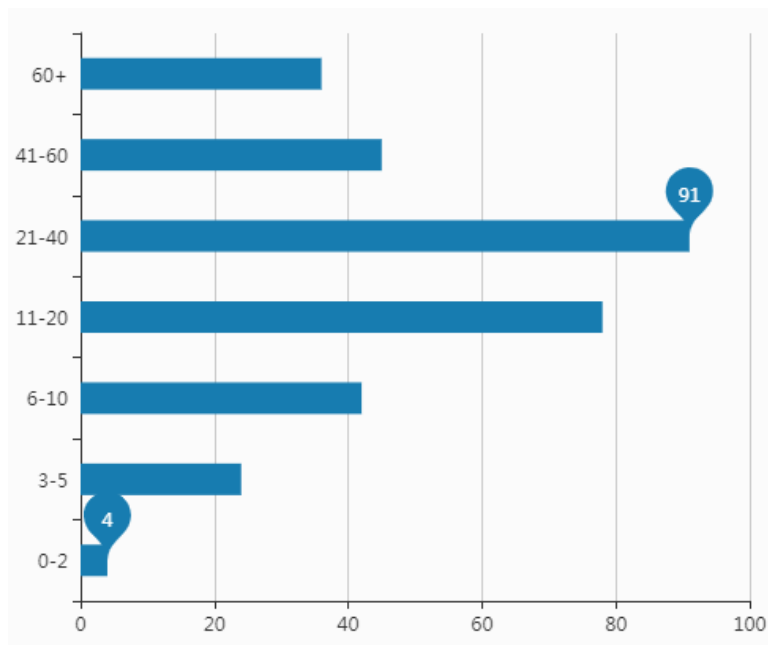
这里的学者分布以其所属机构与机构所属地区为依据，不考虑个人的国籍、使用语言与现居地。按大洲来分，北美以162人的学者数位居第一，欧洲83人，亚洲69人，南美1人，其他三个大洲均无学者分布。



由上图可以看出，各国3D打印领域人才的流失和引进是相对比较均衡的。

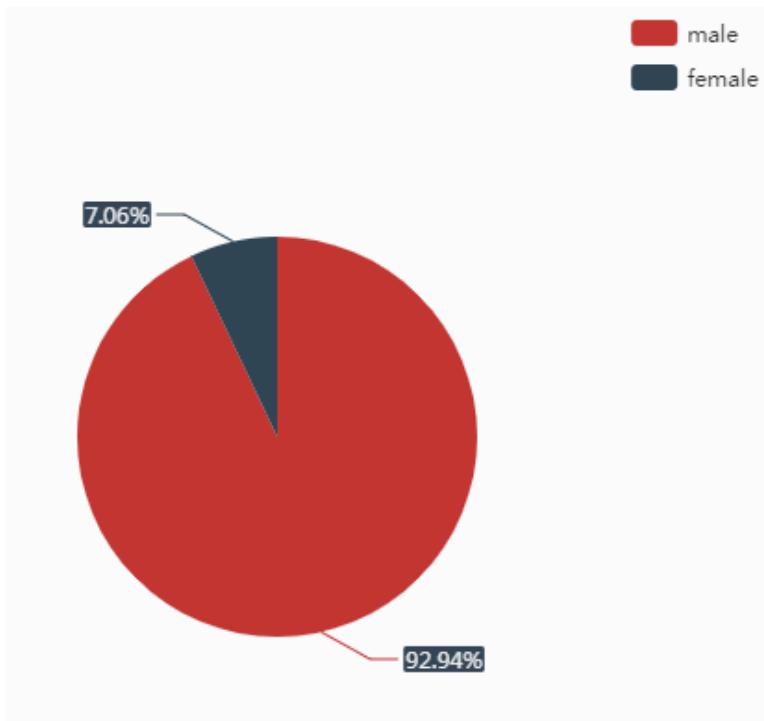
其中美国是3D打印领域人才流动大国，人才输入和输出都大幅领先，且从数据来看，人才流出略大于流入。

中国、德国、加拿大和瑞士等国人才流动量落后于美国，中国人才流入量大于流出量。

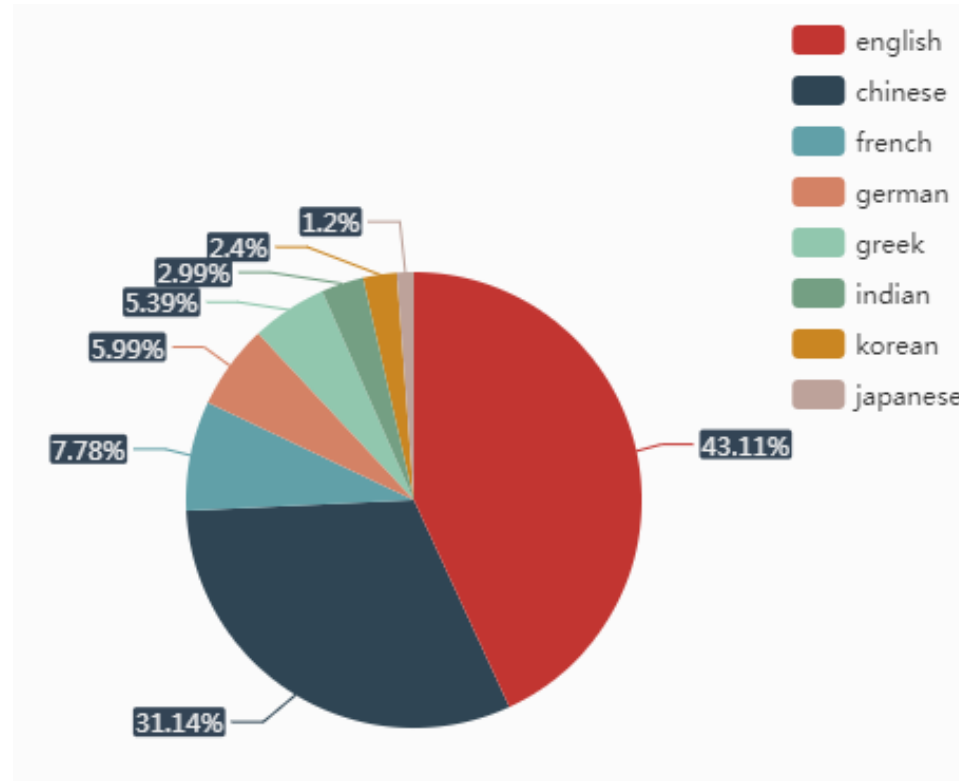


在上图的统计信息中，全球3D打印学者h-index指数多在21-40这一区间，约为28.88%；其次为11-20区间，约为24.76%；最顶尖学者（h-index \geq 60）占比为11.42%，有相当大的比重。

可以看出，在全球顶尖学者中仍有h-index较低的学者（h-index为0-10），3D打印领域的研究质量相距较大、研究方向不宽泛。

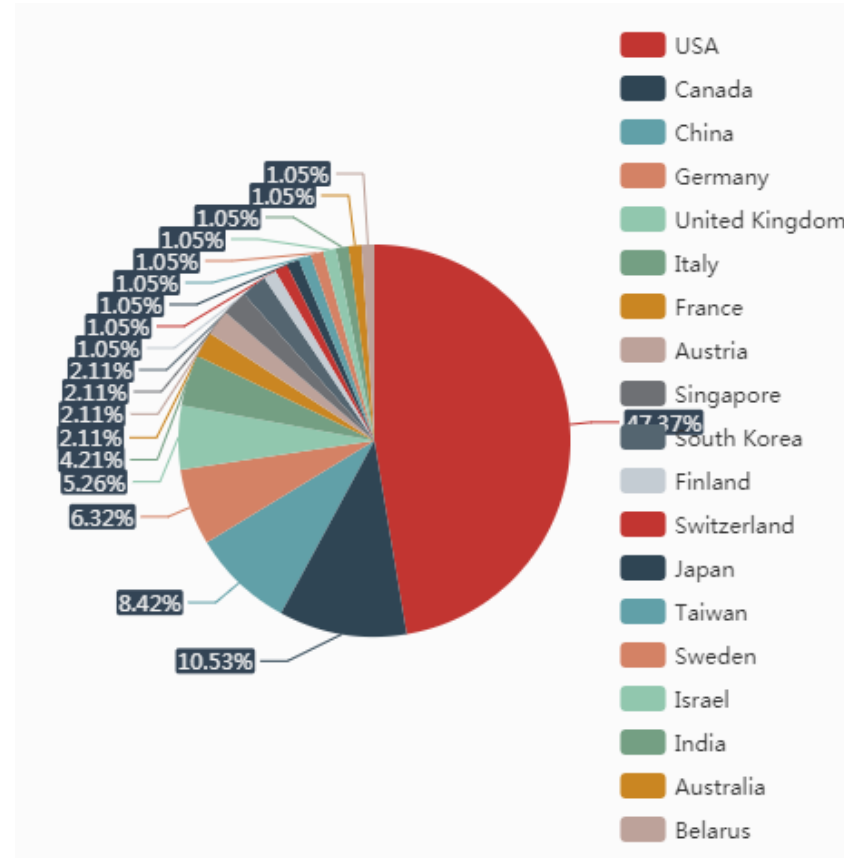


在上图的统计信息中，3D打印领域全球顶尖学者男性占绝对优势，约为92.94%，男性学者掌握者这个领域的话语权。



在上图的统计信息中，3D打印领域全球顶尖学者使用语言以英语和汉语为主，其中英语使用者占43.11%与美国学者比重相差不大（46.34%）；汉语使用者占31.14%，远大于中国的学者比重（13.65%）。

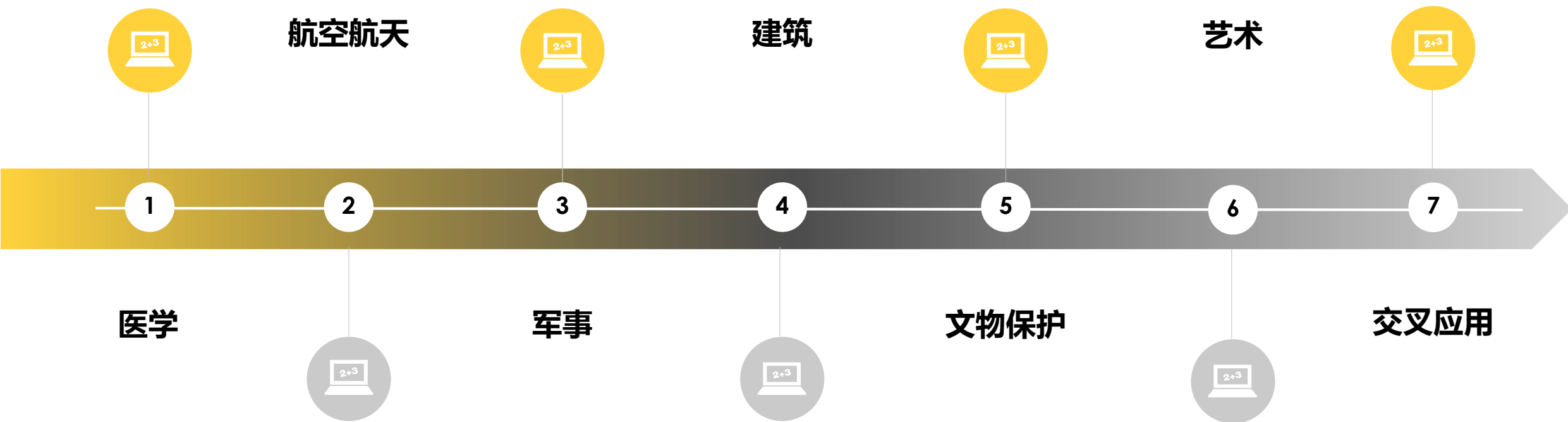
此外，德语、希腊语与印度语也占有一定比重，均为5%左右。



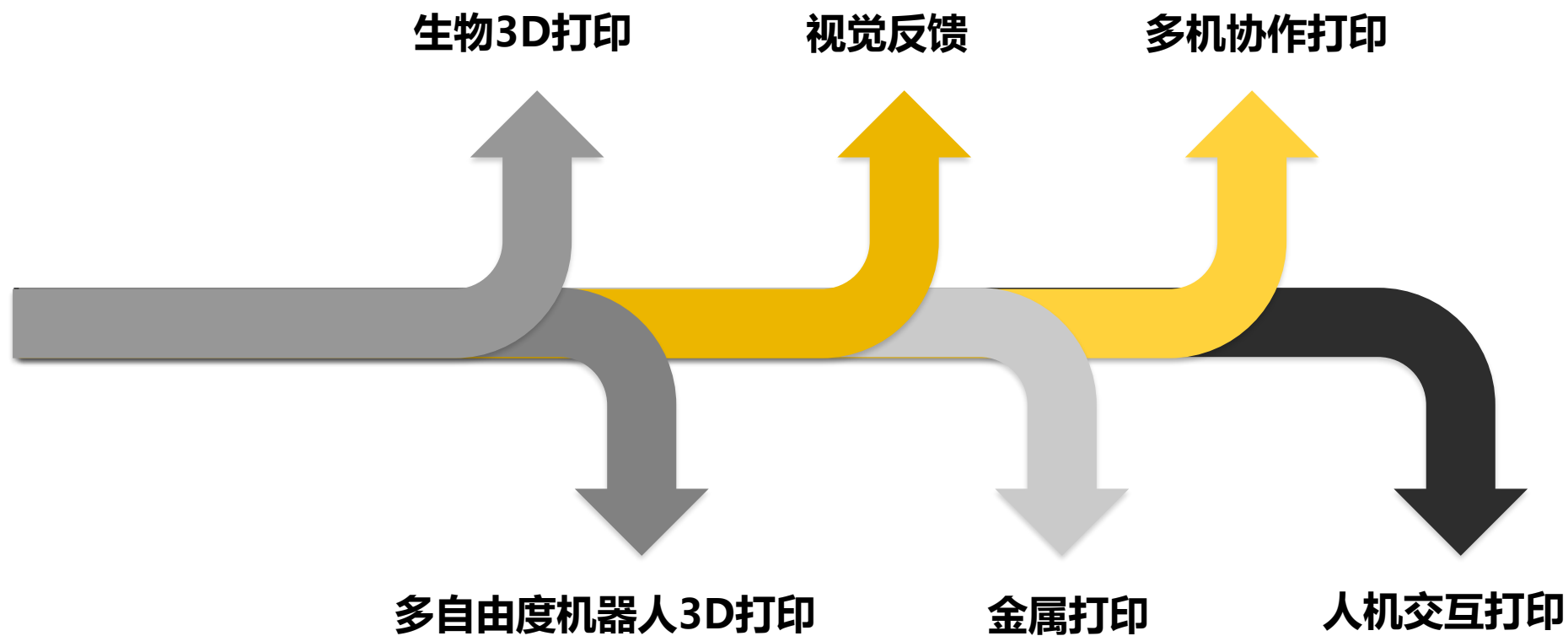
在上图的统计信息中，3D打印领域现居地为美国的全球顶尖学者占了近半数，为47.37%，其次为加拿大（10.53%）、中国（8.42%）、德国（6.32%）。

与使用语言比例图对比可知，汉语使用者与现居地在中国的学者差值为22.72%，绝大部分部分汉语使用者不在中国居住，占使用汉语的学者比重约为72.96%。

04 应用篇



05
趋势篇



AMiner研究报告版权为AMiner团队独家所有，拥有唯一著作权。AMiner咨询产品是AMiner团队的研究与统计成果，其性质是供用户内部参考的资料。

AMiner研究报告提供给订阅用户使用，仅限于用户内部使用。未获得AMiner团队授权，任何人和单位不得以任何方式在任何媒体上（包括互联网）公开发布、复制，且不得以任何方式将研究报告的内容提供给其他单位或个人使用。如引用、刊发，需注明出处为“AMiner.org”，且不得对本报告进行有悖原意的删节与修改。

AMiner研究报告是基于AMiner团队及其研究员认可的研究资料，所有资料源自AMiner后台程序对大数据的自动分析得到，本研究报告仅作为参考，AMiner团队不保证所分析得到的准确性和完整性，也不承担任何投资者因使用本产品与服务而产生的任何责任。

AMiner 3D打印研究报告

扫码即可下载

