

3D打印

硬件构成与调试



PPT 下载



视频下载

(附教学 PPT、视频资源)

徐光柱 杨继全 何 鹏 | 编著

杨继全 | 主审

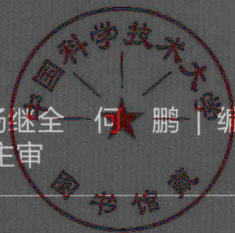


3D 打印丛书

3D 打印

硬件构成与调试

徐光柱 杨继全 何鹏 | 编著
杨继全 | 主审



图书在版编目(CIP)数据

3D 打印硬件构成与调试 / 徐光柱, 杨继全, 何鹏编著. —南京: 南京师范大学出版社, 2018. 9

(3D 打印丛书)

ISBN 978-7-5651-3757-0

I. ①3… II. ①徐… ②杨… ③何… III. ①立体印刷—印刷术 IV. ①TS853

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 118026 号

丛 书 名 3D 打印丛书
书 名 3D 打印硬件构成与调试
编 著 徐光柱 杨继全 何 鹏
主 审 杨继全
策划编辑 郑海燕 王雅琼
责任编辑 高 珏 郑海燕
出版发行 南京师范大学出版社
地 址 江苏省南京市玄武区后宰门西村 9 号(邮编:210016)
电 话 (025)83598919(总编办) 83598412(营销部) 83598297(邮购部)
网 址 <http://www.njnup.com>
电子信箱 nspzbb@163.com
照 排 南京理工大学资产经营有限公司
印 刷 南京玉河印刷厂
开 本 787 毫米×960 毫米 1/16
印 张 12.25
字 数 209
版 次 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5651-3757-0
定 价 40.00 元

出 版 人 彭志斌

南京师大版图书若有印装问题请与销售商调换

版权所有 侵犯必究



前言

随着 RepRap 等开源项目的出现,3D 打印的技术市场正在以极快的速度增长,越来越多的 3D 打印机开始进入普通家庭。对 3D 打印技术发展具有重大促进作用的开源 3D 打印项目 RepRap 最早源于英国,它是世界上第一台多功能、能自我复制的机器,也是一种能够打印塑料实物的 3D 打印机,目前该技术发展主要集中在国外的几个发达国家,相应的中文介绍开源 3D 打印技术的书籍还比较少。另外,开源 3D 打印技术的中文书籍侧重点主要集中在已有的应用上,而对于开源 3D 打印软件的使用和开源 3D 打印硬件的组装及实际打印与调试过程的介绍则更少。

针对上述问题,本书以开源 3D 打印硬件原理为切入点,深入浅出地介绍了 3D 打印的基本原理,软、硬件系统的配置及构成,3D 模型的构建方法以及实际打印过程中可能遇到的问题。帮助读者快速梳理出一个关于 3D 打印技术的清晰概念。

全书内容共分六章。第一章为绪论,介绍了 3D 打印技术的概念,3D 打印的技术分类、材料范畴,以及 3D 打印技术与传统制造技术相比的优势与不足。第二章以 Arduino 为切入点,介绍其对开源 3D 打印技术发展的贡献,随后引入其他常用的打印机控制板。第三章着重介绍了 3D 打印技术中常用的文件格式——STL 文件格式,详细讲述了文件规则,以及生成过程中的常见错误,引入了比较流行的几种 STL 文件分层(切片)处理的算法。第四章介绍了常用 3D 打印软件。第五章介绍了 HOFI X1 3D 打印机的组装实例,这是一款基于开源 3D 打印技术而研发的适用于教学的桌面 3D 打印机,相比于市场上销售的其他开源 3D 打印机而言,这款机器具有结构布局更加简洁,性能更加稳定可靠的特点。第六章对常用的 3D 打印模型网站及建模工具给出了介绍和说明。



本书在编写过程中,参考了大量的相关资料,除书中注明的参考文献外,其余的参考资料主要有:公开出版的各类报纸、刊物和书籍,以及因特网上检索的素材。本书中所采用的部分作品因种种原因与作者联系不上,请有关作者见到本书后与我们联系,以便及时支付稿酬。。在此向参考资料的各位作者表示谢意!

在编写本书的过程中,南京师范大学和江苏省三维打印装备与制造重点实验室的各位老师、杭州先临三维科技股份有限公司的王红梅、施永忠给予了许多无私帮助与支持。最后衷心感谢南京师范大学出版社在本书出版过程中给予的大力支持。

本书的出版得到国家自然科学基金项目(61402259, U1401252, 51407095, 51605229, 50607094, 61601228, 61603194),国家重点研发计划(2017YFB1103200),江苏省科技支撑计划(工业)重点项目(BE2014009),江苏省科技成果转化专项资金重大项目(BA201606),江苏省高校自然科学基金(16KJB12002)等的支持。

由于知识水平和经验的局限性,书中可能存在疏漏和错误,恳请读者批评指正,多提宝贵意见,使之不断完善,笔者在此预致谢意。

目 录

前 言	1
第一章 绪 论	1
1.1 3D 打印的概念	1
1.2 3D 打印的技术流程	2
1.2.1 实物成型方法概述	2
1.2.2 自然界的 3D 打印技术	3
1.2.3 增材制造技术	4
1.2.4 3D 打印技术分类	5
1.3 3D 打印的原材料	7
1.4 3D 打印与人们的生活	9
1.5 3D 打印技术与传统的制造技术的比较	10
1.6 3D 打印技术的发展史	11
1.7 RepRap 的发展史	13
1.8 开源 3D 打印技术存在的相关争议问题	14
第二章 开源 3D 打印硬件构成及组装	16
2.1 开源 3D 打印中的 Arduino	16
2.1.1 Arduino 及其原理	16
2.1.2 各种 Arduino 系列	17
2.1.3 常见开源打印机的硬件电路	20
2.2 主流 3D 打印机控制板对比	22



2.2.1	RAMPS 系列控制板	22
2.2.2	Melzi 系列控制板	23
2.2.3	Sanguinololu 系列控制板	24
2.2.4	Printrboard 系列控制板	24
2.3	桌面开源 3D 打印机的分类	25
2.3.1	开源社区 RepRap 的介绍	25
2.3.2	笛卡儿 3D 打印机	26
2.3.3	并联臂式 3D 打印机	27
2.3.4	旋转平台 3D 打印机	28
2.4	市面常见桌面 3D 打印机介绍	28
2.4.1	MakerBot 系列	29
2.4.2	Ultimaker 系列	29
2.4.3	Mendel Prusa 系列	30
2.5	RepRap 开源硬件及组装	32
2.5.1	Mendel Prusa I3 的材料清单	32
2.5.2	Mendel Prusa I3 的组装过程	37
2.5.3	固件的组装和烧录	50
2.5.4	电路板测试	54
第三章 3D 打印中的切片原理与 G-code		57
3.1	STL 文件简介	57
3.1.1	ASCII 码格式	58
3.1.2	二进制格式	59
3.2	STL 格式遵循的规则及常见错误	60
3.2.1	STL 模型文件遵循的一般规则	60
3.2.2	STL 模型文件常见的错误	61
3.3	切片算法	62
3.3.1	基于 STL 模型的切片算法	62
3.3.2	基于几何模型拓扑信息的 STL 切片算法	63
3.3.3	基于三角形面片几何特征的 STL 切片算法	65
3.4	打印过程	66
3.4.1	打印系统	66



3.4.2	上位机部分	67
3.4.3	固件的定义	71
3.4.4	通信协议	73
3.4.5	G-code 与 G-code 翻译器	74
3.4.6	G-code 处理管道	75
3.4.7	G-code 代码的读取过程	76
第四章	常用 3D 打印软件	78
4.1	模型的转换与修补	78
4.1.1	将其他格式转换成 STL 文件格式	78
4.1.2	利用 Netfabb Basic 对模型进行修补	81
4.2	切片	85
4.2.1	模型预览与修改	86
4.2.2	模型调整	89
4.2.3	切片设置	91
4.2.4	高级设置	94
4.3	上位机软件	96
4.3.1	上位机软件的定义	96
4.3.2	上位机软件的作用	96
4.3.3	上位机软件——Repetier-Host	97
4.4	打印机的配置	99
4.4.1	单位设置	104
4.4.2	模型文件的导入	104
4.4.3	模型的浏览	105
4.4.4	模型放置	107
4.4.5	选择和移动模型	110
4.5	切片软件设置	110
4.6	手动控制	116
4.7	G-code 编辑器	120
4.7.1	编辑器的元素	120
4.7.2	G-code 起始代码与结束代码	121
4.7.3	中止/暂停任务后继续运行	121



4.8 使用 Repetier 过程中常见问题	122
4.8.1 连接问题	122
4.8.2 上位机崩溃的原因	122
4.8.3 上位机设置	123
第五章 HOFI X1 3D 打印机组装实例	124
5.1 HOFI X1 3D 打印机介绍	124
5.1.1 组装清单	126
5.1.2 组装步骤	128
5.2 软件功能介绍	137
5.2.1 高度测量	138
5.2.2 打印机平台校准	141
5.2.3 模型预览及位置调整	143
5.2.4 打印控制	145
5.3 安装耗材与测试	147
第六章 3D 打印模型网站与软件建模	150
6.1 3D 打印模型网站	150
6.1.1 Thingiverse	150
6.1.2 Youmagine	151
6.1.3 Myminifactory	153
6.1.4 打印虎	154
6.1.5 523DP	156
6.2 STL 文件模型建模	157
6.2.1 参数化建模软件	157
6.2.2 CG 建模软件	159
6.3 使用建模软件构建模型实例	162
6.3.1 使用 SketchUp 构建中文字牌模型实例	162
6.3.2 使用 3ds Max 构建中文字牌模型实例	167
参考文献	172
附录 G-code 代码含义注解	175



第一章 绪 论

1.1 3D 打印的概念

从来没有有什么能像科技一样如此深刻地影响人类的历史和生活。从蒸汽火车到汽车再到飞机,从电话的发明到万维网的出现再到今天智能手机的普及,科技的进步总是在不经意间彻底改变人们的生活方式,并给人类带来了更广阔的视野和更多的可能,3D 打印技术很有可能成为下一个改变世界的新兴技术。

3D 打印技术,又被称为增材制造技术(Additive Manufacturing, AM),如今逐渐进入人们的视野。有观察者认为,3D 打印技术将会引发人类历史上下一次工业革命,并对人类的社会、文化、经济、环境、地缘政治甚至安全问题带来深远影响。

如果人们想象中的未来是一部天马行空的科幻电影,那么 3D 打印技术最有可能将对未来的所有幻想转化为人们看得见摸得着的真实世界。3D 打印技术的神奇之处在于它是根据三维模型的信息一层一层地将材料黏合起来得到实物模型,也就是说人们可以任意生产、修复一个即将成型的实物,只需要一台电脑、一个模型创意和一台 3D 打印机,在简单地操作电脑后就可以在商店、工厂、医院、学校甚至是自己的家里构建出想要的东西。

在互联网广泛覆盖的今天,人们可以很轻易地从网上下载某个产品的模型文件,并将它们打印出来;人们也可以利用深度扫描仪(如微软 Kinect 系列和华硕 Xtion Pro Live 系列)甚至手机、平板将现实生活中的物体(如使用 Autodesk 公司的 123D Catch 软件)转换成模型进而加工造型,得到想要



的实物。从某种意义上讲,利用 3D 打印技术我们所想与所得之间的距离将会大大缩短。相信随着 3D 打印技术的发展和普及,人们对已经熟知的世界的看法将会发生巨大的改变。

1.2 3D 打印的技术流程

1.2.1 实物成型方法概述

人类对于实物成型方法的研究和应用有着十分悠久的历史,早在 4000 年前,中国人就已经学会了将丝、麻等固定在漆器上使之成型的方法;在传统的金属锻造工艺中,铁匠通过锤炼、淬火等方法使金属成型。发展到现代,人们要得到一个实物模型的方法可以划分为以下几种,如图 1-1 所示。

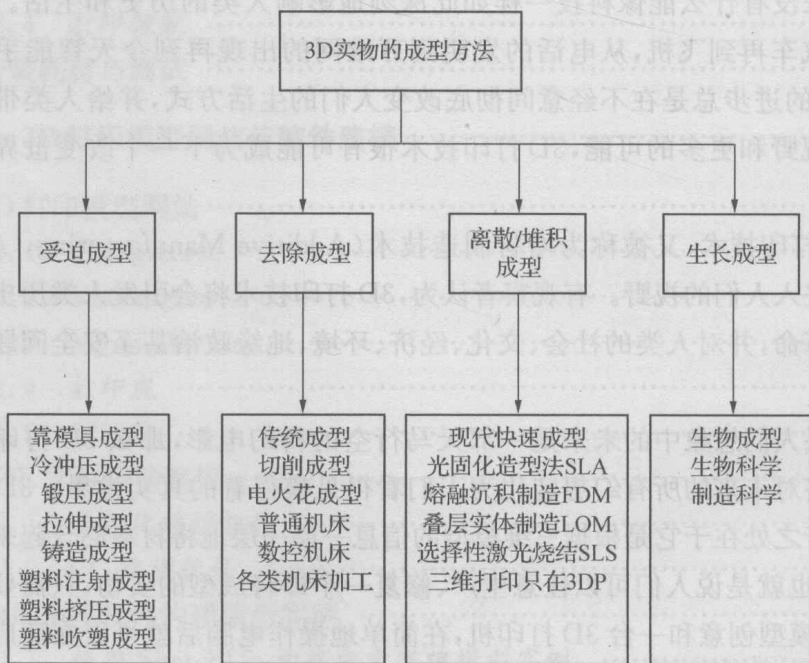


图 1-1 3D 实物成型方法分类

1. 从整体中去除多余部分的成型方法

这种成型方法是人类从石器时代到信息时代延续使用的成型方法。无论是原始人打磨狩猎用的石刃,还是现代社会中通过使用刀具切削金属块得到零部



件,只要是把一个毛坯上不需要的部分去除掉,留下所需部分的成型方法,都属于从整体中去除多余部分的成型方法。该成型方法在大规模生产特定零部件时能够发挥最大生产效率,是生产活动中不可缺少的一部分。

2. 通过外力压迫使材料成型的方法

古埃及人早在公元前就已经发现将木材切成薄板后重新铺叠,并用外力长时间压合可以使材料成型。这样的成型过程类似于中国民间用布和糨糊制作鞋垫内底,通过使用黏合剂和长时间压合,迫使布与布之间黏合的方法。现代工艺中金属的拉伸成型、锻压成型、挤压成型以及铸造成型等都属于通过外力压迫使材料成型的方法,这种成型方法需要根据特定的生产需要设计特定的模具或者成型生产流程。由于模具的制作成本相当高,因此模具成型的方法更适用于大批量、大规模地生产某种特定实物。

3. 生长成型的方法

生长成型的方法类似于自然界生物的生长过程,它是一项生物科学和现代工业制造科学相结合的杰作。它通过生物体的生长和细胞分化来组建模型,并将生长和成型融为一体来构建一个特定的三维实体。

4. 层叠成型的方法

层叠成型又称为堆积成型或者离散成型。区别于传统制造方法,这种类似小孩堆积木的增材制造技术看似幼稚却包含着不同凡响的威力。它以实物的三维模型为基础,通过使用软件控制数控加工系统,用层层叠加的方法将成型材料(如塑料和金属粉末等)累积成一个实物零件。因为这种三维制造的过程实际上将模型成型过程转化成了每一层的平面二维成型问题,所以不需要使用任何外部工具,且可以根据需要对模型进行一系列的调整,这在一定程度上提高了生产的灵活性和实物的柔韧性。与传统的制造方式相比,这种成型方法更适用于生产数量较小且高度定制的产品,不适合大规模生产特定实体。

想要一句话介绍 3D 打印是件很困难的事情,这不仅仅是因为 3D 打印技术涵盖的范围很广,还在于强行给一项正在发展的技术赋予特定含义会丧失这项技术所蕴含的意义,下面我们将以简单的类比来说一说什么是 3D 打印。

1.2.2 自然界的 3D 打印技术

严格来说,3D 打印真正的“玩家”并不是某个公司或个人,而是大自然。日



常生活中许多生物已经做了关于 3D 打印技术的很好示范,如贝壳。软体动物的外壳膜上有一种特殊的腺细胞,它的分泌物可形成一层保护身体的钙化物,人们习惯于将这层钙化物称为贝壳。有人说贝壳上色彩斑斓的纹路是它一年又一年时光积累的生命线,还有人说这深浅交错的曲线更像是自然造物留下的痕迹。

再如岩石在风沙的剥蚀下形成的造型奇特、美轮美奂的雅丹地貌群落。不过与 3D 打印技术不同的是,它更像是首先建立起整块的实物,再一层一层地进行造型。敦煌雅丹地貌是大自然鬼斧神工、奇妙无穷的天然杰作,堪称天然雕塑博物馆。

1.2.3 增材制造技术

如果把 3D 打印技术当作是从零开始进行加法运算的话,现在传统的制造方式则更像是在进行减法运算,即将原材料进行切削等加工,从一个完整的实物中去掉多余的部分得到想要结果的过程。3D 打印技术是增材制造技术的一种表达形式,正如前面所介绍的,它是一层一层地将材料在平台上进行堆叠累积,从无到有构建一个实物的过程,类似于人们口中常说的“积少成多,聚沙成塔”。

3D 打印技术的一般流程如图 1-2 所示,要得到一个实物,必须先利用软件将自己的创意转化成数字文件(通常是 3D 模型文件),由计算机利用切片软件将每一层的模型信息读取出来,并生成指导打印机工作的 G-code 代码,最后由 3D 打印机自动完成所有的造型工作。

从某种意义上讲,增材制造技术就像建筑工人建造房屋一样,工人们按照预定的建筑图纸将砖块水泥黏合在一起,完成一层后继续下一层,直到建筑全部完

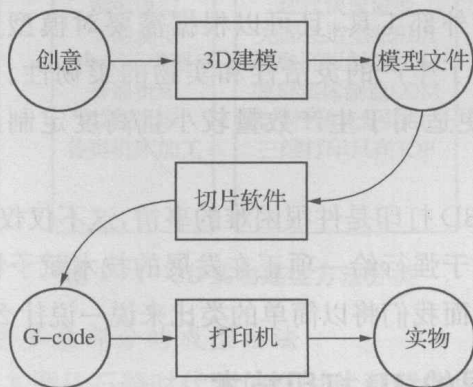


图 1-2 3D 打印技术的一般流程图



成。在图 1-2 中,“模型文件”扮演着建筑图纸的角色,“G-code”代码扮演着指挥工人搬砖后确定放置位置的包工头角色,“打印机”自然就是勤劳的建筑工人,完成整个实物的造型工作。

1.2.4 3D 打印技术分类

人类在 3D 打印技术实现过程中花费了 120 多年(1860—1988)的时间,从最基础的多照相机实体雕塑技术做起,到 3D Systems 公司设计出世界上第一台基于立体光刻的工业级 3D 打印机,人类一直没有放弃对 3D 打印技术的探索与追求。3D 打印技术发展到今天已经演化出了许多的分支,宽泛地讲可以分为三类,分别是选择性黏合技术、选择性固化技术和选择性沉积技术。下面我们将简单地介绍这几类打印技术。

1. 选择性黏合技术

如图 1-3 所示,选择性黏合技术通常是将石膏或者金属等粉末采用黏合剂黏合,或者热熔断技术构造实物的一种方法。这种技术最典型的代表就是选择性激光烧结技术(Selective Laser Sintering, SLS),该技术使用激光将粉末烧结成实物的每一层,其中第一层烧结在 3D 打印机的平台上,在第一层构建完成后其他层依次烧结,直到完成整个模型的构建任务。

在整个打印过程中,粉末起着支撑模型的“砖块”作用,因为“砖块”很小,所以能够构造非常复杂的结构和极其微小的图案。但由于熔化粉末材料需要很高的温度,该技术配套的硬件十分昂贵,所以这类技术的成本很高。

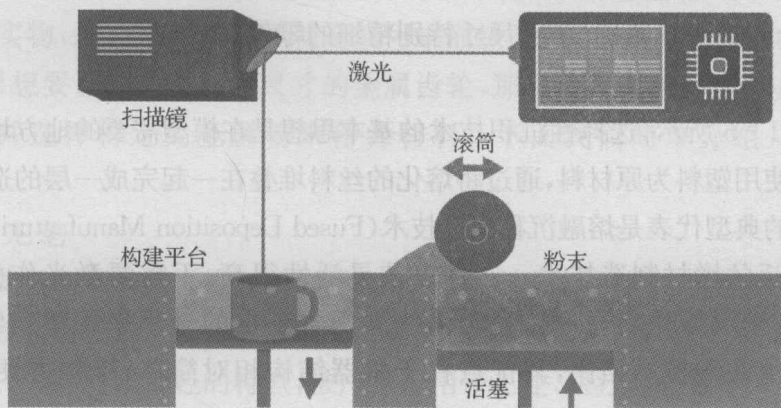


图 1-3 选择性激光烧结技术原理图



2. 选择性固化技术

如图 1-4 所示,选择性固化技术是对液体有选择地施加能量使其固化的过程,在固化一层后打印平台会向上或者向下移动进行下一层的固化,平台每次移动只能完成实物的一层造型。和选择性黏合技术一样,模型的第一层往往构建在平台上,在一层构建完成后平台会移进或者移出液体槽,直到完成所有层的固化成型。选择性固化技术的典型代表就是光固化成型技术(Stereo Lithography Apparatus, SLA),该技术利用紫外线将液态树脂固化得到实物。

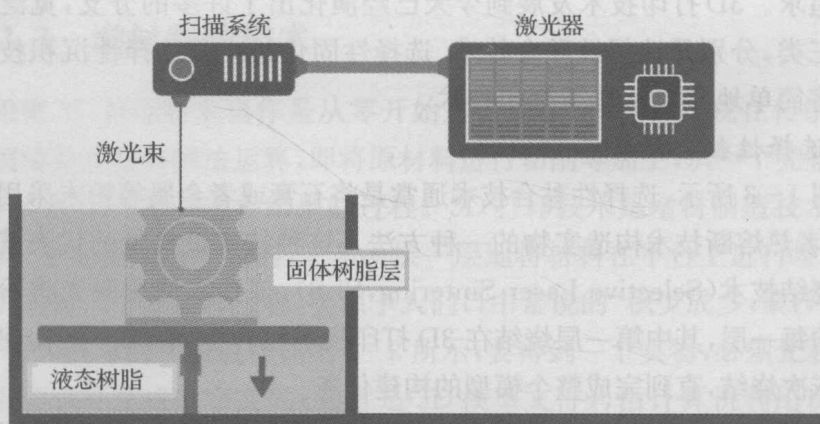


图 1-4 光固化成型技术原理图

由于树脂材料的高度黏性,模型从平台上被取下后可能需要进行进一步的修补,而这个修补过程比较烦琐,但光固化成型技术生成的实物精度较高、质量可靠,适合制造形状特别复杂、尺寸特别精细的零件。

3. 选择性沉积技术

如图 1-5 所示,选择性沉积技术的基本思想是在模型需要的地方堆叠原料,该技术多使用塑料为原材料,通过将熔化的丝料堆叠在一起完成一层的造型工作。这类技术的典型代表是熔融沉积制造技术(Fused Deposition Manufacturing),是一种应用广泛的增材制造技术。这种工艺灵活性很高,不需要激光作为成型能源,而是将塑料熔化后,挤出成丝,由线到面再到点的过程来构建实物。这项技术与其他几种技术相比,其优点在于机器结构相对简单,维护方便,成型速度较快。

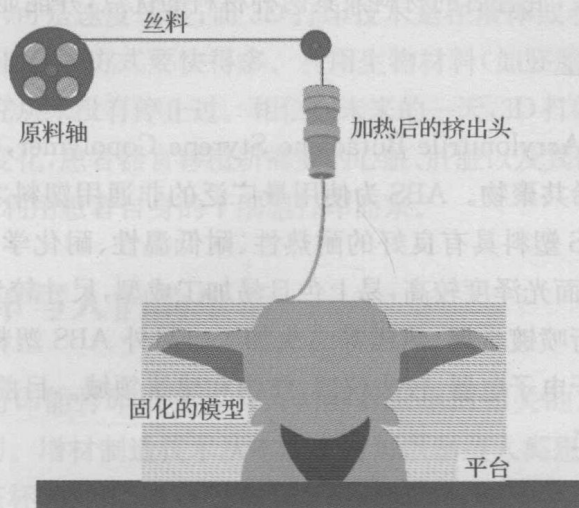


图 1-5 熔融沉积制造技术原理图

1.3 3D 打印的原材料

3D 打印技术的发展和其材料的发展是密不可分的,从这项技术诞生之日起,人类对于 3D 打印材料的探索就一直没有停止过。如今利用 3D 打印技术,我们已经可以获得更宽泛的原料来源,比如金属、黏土、尼龙、食物、PLA 塑料、ABS 塑料和生物材料。

材料的选取主要取决于特定的目的和平台,如果想要将一个简单的想法转化成实物,那么最佳的选择就是使用桌面级开源 3D 打印机并选择塑料为材料;如果想要设计一个特定尺寸的金属齿轮,那么最好的选择当然是使用金属打印机并选择特定的金属粉末作为材料。下面我们简单介绍几种常见的材料。

1. 尼龙

尼龙又叫聚酰胺纤维,在其为粉末状态时利用烧结技术,料丝状态下时利用熔融沉积制造技术进行 3D 打印即可将其制造成理想的形状。尼龙具有耐磨、抗腐蚀、韧性好、质量轻的特点,被广泛应用于工业、医疗等领域。

实践证明,尼龙是 3D 打印的可靠材料。尼龙打印材料通常为白色,我们可以在打印前或者打印后将其染成需要的颜色。尼龙也可以和其他材料的粉末



(如铝粉)进行混合,混合后的材料兼具两种材料的优点,并能显著提高打印成品的质量。

2. ABS 塑料

ABS 全称为 Acrylonitrile Butadiene Styrene Copolymer, 化学名称为丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物。ABS 为使用最广泛的非通用塑料之一,也是五大合成树脂之一。ABS 塑料具有良好的耐热性、耐低温性、耐化学药品腐蚀性和抗冲击性的特点,表面光泽度较高,易上色且易加工成型,尺寸较为稳定,人们甚至可以在它表面进行喷镀金属、热压等二次加工。另外 ABS 塑料电气性能优良,因此被广泛应用于电子电器、仪表仪器、纺织和建筑领域。目前 ABS 塑料是 3D 打印的主要材料之一。

3. PLA 塑料

PLA 全称为 Polylactic Acid, 通常指聚乳酸,是一种以乳酸为主要原料通过聚合形成的材料。和 ABS 塑料相比,PLA 塑料打印出的产品可以进行生物降解,是一种较为环保的打印材料。PLA 塑料目前主要以玉米、木薯等为原料生产得到。

PLA 塑料的热稳定性较好,加工温度为 $170\sim 230^{\circ}\text{C}$,具有良好的抗溶剂性(这也是采用 PLA 塑料打印出的模型难以抛光的原因)。PLA 塑料的生物相容性较好,光泽度、手感都很好,颜色种类也很多,目前主要应用于服装、医疗卫生领域。

4. 金属粉末

金属打印是 3D 打印技术中不可缺少的分支,也是整个 3D 打印体系中必不可少的组合部分。现在越来越多的金属和金属复合材料被用于工业级 3D 打印技术,比如常见的铝钴合金。除了铝钴合金粉末外,不锈钢粉末也是应用较多的材料之一,具有较高强度和合适的价格,也相对容易获得。在珠宝行业的关注下,近几年金和银在 3D 打印技术中的使用量有所增加,这两种昂贵的金属给 3D 打印市场增添的“活力”不容小觑。当然,3D 打印不会遗忘钛金属及其合金,这种储量巨大、抗疲劳、耐腐蚀、导热性好、生物亲和能力好的金属在航空航天、医学、化工、电力甚至建筑行业都得到了广泛的应用,现如今结合 3D 打印技术使得钛合金在实际生产中的生命力更加顽强。

5. 生物材料

生物材料的打印技术仍在发展中,到目前为止,3D 打印胚胎干细胞的技术还处于研究阶段。现有的培养人造组织的方法是在培养皿上或其他材料上添加细