

3D DAYIN CHUANGYI ZAOXING  
SHEJI SHILI

84个实例  
30个练习

孙凤翔 主编

# 3D 打印

## 创意造型设计实例

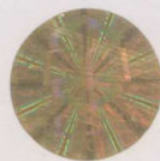
便捷的建模方法

精准的造型分析

详细的步骤图解



化学工业出版社



3D DAYIN CHUANGYI ZAOXING  
SHEJI SHILI

# 3D 打印

## 创意造型设计实例

孙凤翔 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

天 90.00 元

图书在版编目 (CIP) 数据

3D 打印创意造型设计实例/孙凤翔主编. —北京:  
化学工业出版社, 2019. 4  
ISBN 978-7-122-33710-8

I. ①3… II. ①孙… III. ①立体印刷-印刷术  
②产品设计 IV. ①TS853②TB472

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 019475 号

责任编辑: 项 激 张兴辉  
责任校对: 边 涛

文字编辑: 陈 喆  
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 三河市航远印刷有限公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 14 $\frac{1}{4}$  字数 355 千字 2019 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 79.00 元

版权所有 违者必究



创意就是推陈出新、别开生面、打破陈规、与众不同，但也必须遵循规律。

“3D 打印”，这一独特的制造技术让我们能够生产出各种形状的物品。3D 打印机依据计算机指令，通过层层堆积原材料的方式制造产品属于“增材制造”。在传统制造业里，我们是通过切割原材料或通过模具成型制造实体物品，这属于“减材制造”。

3D 打印在近些年逐渐大热，此前，部件设计完全依赖于生产工艺能否实现，而 3D 打印机的出现，将颠覆这一生产思路。有人称赞 3D 打印是“所想即所得”，任何复杂形状的设计均可以通过 3D 打印机来实现。3D 打印技术与传统制造业技术互补，共同推进现代制造业的转型，助推“中国制造 2025”。此外，3D 打印技术本身也在不断改进，不断有新的应用材料出现，应用领域也在逐步拓展。

本书为培养能把创意变成现实的“创客”而编写。“创意”是艺术，也是科学，“创意设计”离不开“空间想象”。计算机“三维建模”是将创意灵感变成可视化的虚拟现实，而 3D 打印可将想象快速转变成看得见、摸得着的真实物体。

本书精选三维构思创意实例，解说三维造型流程，理顺三维建模思路；重点说明造型要点、亮点及难点；各实例均有分解造型立体图，便于领悟。

三维打印的设计过程是：先通过计算机建模软件进行三维建模，再将建成的三维模型“分区”成逐层的截面——“切片”，从而指导打印机逐层打印。

本书着重介绍“三维建模”的便捷方法，以图文并茂的叙述方式，力求让读者尽快融入便捷三维建模领域中，让“理论插上实践的翅膀”，不断进取创新。至于 3D 打印技能，由于机型、材质不同，实操性过强，各种经验法也多，在此仅作基本介绍，望读者勇于实操。

作者通过长期的教学和工业设计实践，持之以恒探究空间逻辑思维的认知规律，提炼、“萃取”，凝成了学科、设计、实践的智慧结晶；坚定了“避抽象、重研练”的路径，特别编撰了一些新颖实例，并进行循序渐进的巧解；通过图物并茂演示，让读者先入为主（启蒙视觉判明），再引领右脑融会（进入空间构思的畅想境界）。实践证明，通过“研练促学”的方法，会让学员、技师较快产生求知欲，从而“掩卷沉思”“独出心裁”生出创意火花。

技术知识可以传授，而创新思维只能启发。本书遵从“少而精，学到手”的宗旨，所选实例由浅入深，适应不同层次的需求，按照个性化处理实例的广度、深度，力求让初学者体会到轻松入门的乐趣，也会让深究者获得“别有洞天”的快感。

本书适合工科研究生、工业设计技师及理工科大中专师生使用，以提高“三维建模”智能，熏陶提升“图解、图示”水平。也可用于全国及各省市的 CAD 绘图师考证以及 CAD 大赛，进一步展现工业设计才华，夯实创意基础。

本书由孙凤翔任主编，刘航、孙冬任副主编，于波、祝洪海、牟峰、杨华、孙战、朱瑞景、谢桂真、于莉、蓝海霞参加了编写工作，王桂花、胡波参加了绘图、校对工作。

限于编者学识水平，书中不足之处在所难免，敬请指教，不胜感激。



- 第一节 概述 /002
- 第二节 3D 打印的特色 /006
- 第三节 3D 打印与传统工业 /010
- 第四节 3D 打印与智能制造人才培养 /012
- 第五节 4D 打印崭露头角——创造出“智能化”物体 /013

- 第一节 造型设计 /015
  - 一、造型设计表达方式 /015
  - 二、视图与空间方位的对应 /016
  - 三、视图中线条和线框的空间含义 /018
  - 四、造型基本元素 /019
  - 五、平面、直线的表达 /019
- 第二节 造型设计的实质和禁忌 /024
  - 一、造型设计的实质 /024
  - 二、造型设计的禁忌 /032
- 第三节 巧妙操作三维建模 /032

- 第一节 棱柱挖切创意 /036
- 第二节 棱锥挖切创意 /057
- 第三节 圆柱挖切创意 /084
- 第四节 圆锥挖切创意 /103
- 第五节 圆球挖切创意 /118
- 第六节 圆环挖切创意 /134
- 第七节 一般回转体挖切创意 /138

# 01

## 第一章

### 3D 打印

001

# 02

## 第二章

### 造型规律

014

# 03

## 第三章

### 基本体挖切创意造型

035

## 第四章

### 组合体创意造型

142

## 第五章

### 内腔结构创意造型

177

## 第六章

### 创意造型研练

201

### 参考文献

222

第一节 相叠创意造型 / 143

第二节 相切创意造型 / 145

第三节 截交创意造型 / 147

第四节 相贯创意造型 / 151

第五节 综合创意造型 / 167

第一节 简单内腔创意造型 / 178

第二节 复杂内腔创意造型 / 191

第三节 内外复杂创意造型 / 193

第一节 创意造型研练目的 / 202

第二节 循序渐进提升创意智能 / 202

# 第一章

Chapter

# 3D 打印

- 第一节 概述 / 002
- 第二节 3D 打印的特色 / 006
- 第三节 3D 打印与传统工业 / 010
- 第四节 3D 打印与智能制造人才培养 / 012
- 第五节 4D 打印崭露头角——创造出“智能化”物体 / 013



## 第一节 概述

### 1. 为什么叫“打印”

3D 打印机的结构和传统打印机基本一样，都是由控制组件、机械组件、打印头、耗材和介质等架构组成的，打印原理也是一样的。3D 打印与激光成型技术类似，采用了分层加工、叠加成型来完成 3D 实体打印。普通的 3D 打印机使用“喷墨”方式，只是喷出的“墨滴”是熔融的塑料、金属、陶瓷以及特殊合金等，即使用打印机喷头将一层极薄的液态塑料等物质喷涂在铸模托盘上，此涂层然后被置于紫外线下进行处理。之后铸模托盘下降极小的距离，以供下一层堆叠上来。还有的 3D 打印机使用“黏结、固化”方式，首先在需要成型的区域喷洒一层特殊“胶水”，胶水液滴本身很小，且不易扩散。然后喷洒一层均匀的粉末，粉末遇到胶水会迅速固化黏结，而没有胶水的区域仍保持松散状态。这样在一层胶水一层粉末的交替堆叠下，实体模型将会被“打印”成型，打印完毕后只要扫除松散的粉末即可“刨”出模型，而这些粉末还可循环利用。如图 1-1 所示的是两种精度较高的桌面工业级 3D 打印机。

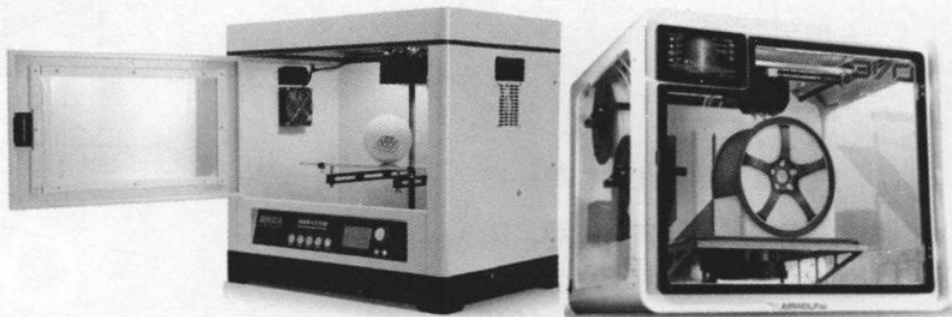


图 1-1 工业级高精度 3D 打印机

3D 打印机 (3D printers, 3DP) 是由一位名为恩里科·迪尼 (Enrico Dini) 的发明家设计的，它不仅可以在“打印”机械零件、个性化服装、完整的建筑、骨骼、假牙，甚至可以在航天飞船中给宇航员打印所需的物品。图 1-2 所示的是 3D 打印机打印出的私人订制的时装、工艺品、房屋。

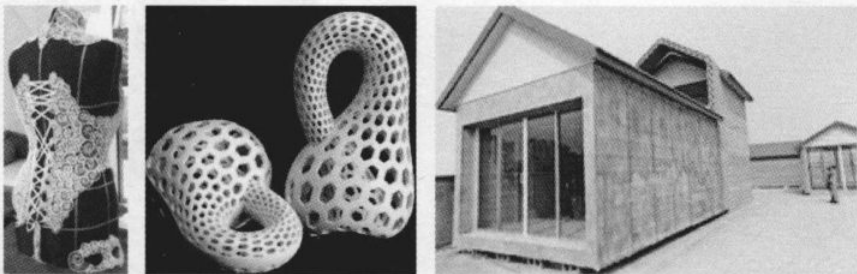


图 1-2 3D 打印机打印出的时装、工艺品、房屋

### 2. 3D 打印与普通打印的不同

常见的桌面打印机 (喷墨打印机) 和 3D 打印机最大的区别是维度问题：桌面打印机是二维打印，即在平面纸张上喷涂彩色墨水；而 3D 打印机也是喷涂“墨水”，一层层打印，

堆积黏合成可以拿在手上的三维物体，只是这“墨水”是熔融的金属、塑料、陶瓷以及特殊合金等。图 1-3 所示的是一种国产 3D 打印机在逐层打印工艺品。图 1-4 所示的是 3D 打印机打印出的机件。图 1-5 所示的是 3D 打印机打印出传统工艺难以制造的物品。

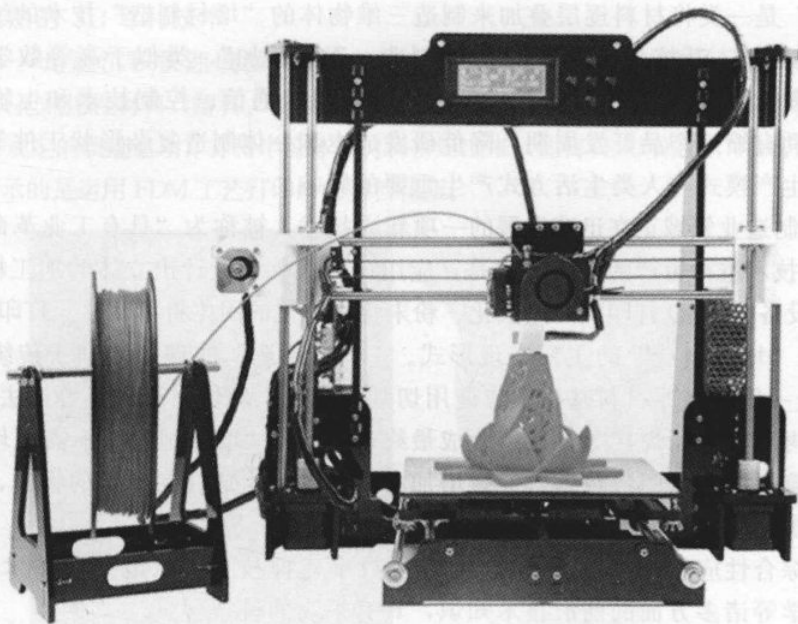


图 1-3 一种国产 3D 打印机

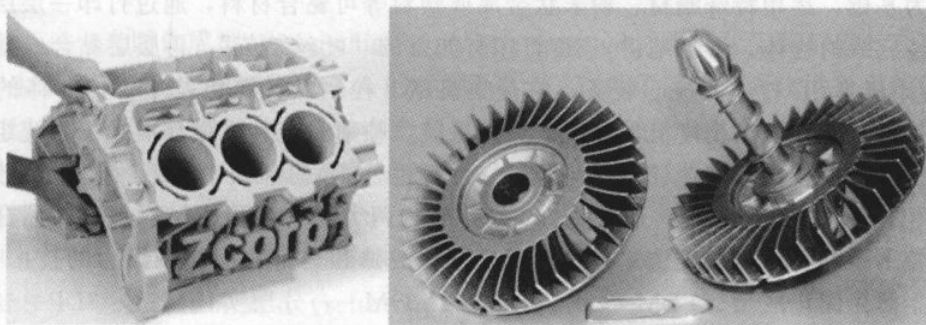


图 1-4 3D 打印机打印出的机件

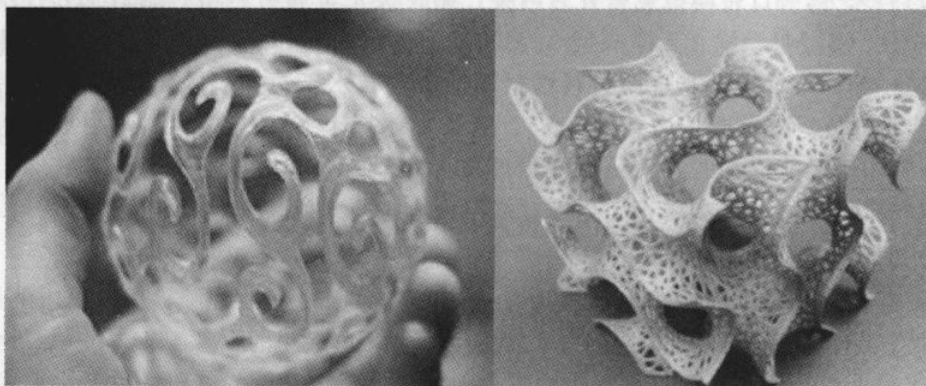


图 1-5 3D 打印机打印出传统工艺难以制造的物品

3D 打印机与传统打印机的另一个区别是，它使用的“墨水”是实实在在的原材料，堆

叠薄层的形式多种多样,可用于打印的材料种类多样,如塑料、金属、陶瓷以及橡胶类物质等。有些打印机还能结合不同材质,令打印出来的物体一头坚硬而另一头柔软。

### 3. 3D 打印机的技术原理

“3D 打印”是一类将材料逐层叠加来制造三维物体的“增材制造”技术的统称,区别于传统的“减材制造”,其核心原理是:“分层制造,逐层叠加”,类似于高等数学里柱面坐标三重积分的过程。3D 打印技术将机械、材料、计算机、通信、控制技术和生物医学等技术融合在一起,具有缩短产品开发周期、降低研发成本和一体制造复杂形状工件等优势,未来可能对制造业生产模式与人类生活方式产生重要的影响。

3D 打印是制造业领域正在迅速发展的一项新兴技术,被称为“具有工业革命意义的制造技术”。运用该技术进行生产的主要流程是:应用计算机软件设计出立体的加工样式,然后通过特定的成型设备——3D 打印机,用液化、粉末化、丝化的固体材料逐层“打印”出产品。

3D 打印是“增材制造”的主要实现形式。“增材制造”的理念区别于传统的“减材制造”。传统制造一般是在原材料基础上,使用切割、磨削、腐蚀、熔融等办法去除多余部分,得到零部件,再以拼装、焊接等方法组合成最终产品。而“增材制造”不需原坯和模具,就能直接根据计算机的三维图形数据,通过增加材料的方法生成任何形状的物体,简化产品的制造程序,缩短产品的研制周期,提高效率并降低成本。

作为一种综合性应用技术,3D 打印综合了数字建模技术、机电控制技术、信息技术、材料科学与化学等诸多方面的前沿技术知识,具有很高的科技含量。

3D 打印机又称三维打印机,是一种累积制造技术,即快速成型技术,它是一种以数字模型文件为基础,运用特殊蜡材、粉末状金属或塑料等可黏合材料,通过打印一层层地黏合材料来制造三维的物体。形象地讲,3D 打印有如蚕的“吐丝结茧”,再层层黏合成型。

3D 打印机是 3D 打印的核心装备。它是集机械、控制及计算机技术等为一体的复杂机电一体化系统,主要由高精度机械系统、数控系统、喷射系统和成型环境等子系统组成。此外,新型打印材料、打印工艺、设计与控制软件等也是 3D 打印技术体系的重要组成部分。

按照 3D 打印的成型机理,通常将 3D 打印分为两大类:沉积原材料制造与黏合原材料制造,涵盖十多种具体的三维快速制造技术,较为成熟和具备实际应用潜力的技术有 5 种:SLA——立体光固化成型、FDM——容积成型、LOM——分层实体制造、3DP——三维粉末黏结和 SLS——选择性激光烧结。

按照材料来分,3D 打印机也可分为两类:第一类是金属材料增材制造工艺技术,包括激光选区融化(SLM)、激光近净成型(LENS)、电子束选区熔化(EBSM)、电子束熔丝沉积(EBDM)等;第二类是非金属材料增材制造工艺技术,包括光固化成型(SLA)、熔融沉积成型(FDM)、激光选区烧结(SLS)、三维立体打印(3DP)、材料喷射成型等。在精度上,3D 打印已经能够在 0.01mm 的单层厚度上实现 600dpi 的分辨率。

总之,3D 打印机就是利用光固化和“纸层叠”等技术的快速成型装置。

### 4. 3D 打印机堆叠薄层的形式

①“喷墨”的方式:即使用打印机喷头将一层极薄的液态塑料物质喷涂在铸模托盘上,此涂层即可被置于紫外线下进行处理“凝固”,之后铸模托盘下降极小的距离,以供下一层堆叠上来。

②“熔积成型”技术:塑料在喷头内熔化,然后通过沉积塑料纤维的方式来形成薄层。

③“激光烧结”技术:以粉末微粒作为打印介质。粉末微粒被喷洒在铸模托盘上形成一层极薄的粉末层,熔铸成指定形状,然后由喷出的液态黏合剂进行固化。

④ 有的则是利用真空中的电子流熔化粉末微粒，当遇到包含孔洞及悬臂这样的复杂结构时，介质中就需要加入凝胶剂或其他物质以提供支撑或用来占据空间。这部分粉末不会被熔铸，最后只需用水或气流冲洗掉支撑物便可形成孔隙。

### 5. 当前成熟的 3D 专利技术

① FDM——熔融沉积快速成型 (fused deposition modeling)。这是目前应用较广的工艺，FDM 是用加热头把热熔性材料 (塑料、树脂、尼龙、蜡等) 加热到临界状态，使其呈半流体状态，然后按照程序文件规定的轨迹运动，并将半流体状材料挤压出来，让材料瞬时凝固，形成有轮廓形状的超薄层。图 1-6 所示的是运用 FDM 工艺打印出的塑料花瓶。

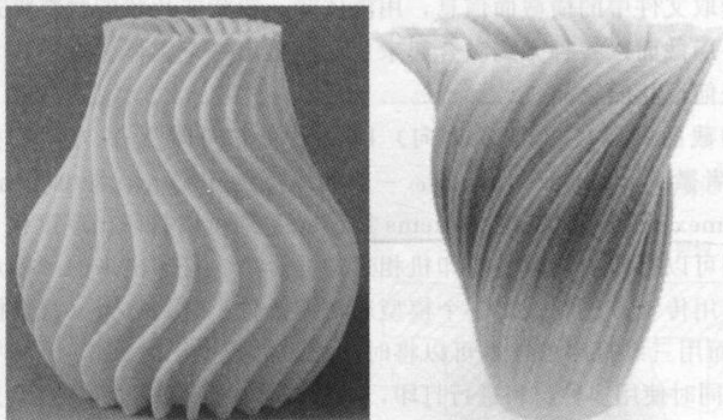


图 1-6 运用 FDM 工艺打印出的塑料花瓶

② SLA——光固化成型 (stereo lithography apparatus)。光固化工艺材料是能在紫外线照射下产生聚合反应的光敏树脂。SLA 的过程是，在 3D 打印前，光固化设备会将物体的三维模型“切片”，让紫外线沿着零件的各分层截面轮廓，对液态树脂逐点扫描，被扫描到的树脂薄层会产生聚合反应，由点逐渐形成线，最终形成零件的超薄固化截面，而未被扫描到的树脂保持原来的液态。

③ 3DP——三维粉末黏结 (three dimensional printing and gluing)。

④ SLS——选择性激光烧结 (selecting laser sintering)。

将很薄 (亚毫米级) 的一层原料 (金属或复合材料、塑料、陶瓷等) 粉铺在工作台上，将材料预热到接近熔点时，按二维扫描轨迹，通过红外激光束照射，使粉末熔化，被烧结成极薄的实体片层，而未被扫描的粉末仍保持松散状态。这样逐层扫描烧结，去掉多余粉末，再适当打磨、处理，获得零件。

### 6. 3D 打印流程

3D 打印的流程是：先通过计算机辅助设计 (CAD) 或计算机动画建模软件建模，再将建成的三维模型“分区”成逐层的截面数据，从而指导打印机逐层打印。图 1-7 所示为 3D 打印流程。

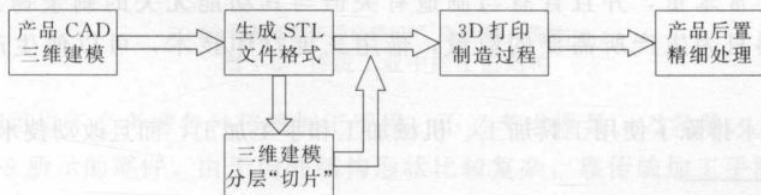


图 1-7 3D 打印流程

建模后导入成型机里进行处理、设计支撑、分层、合并打印出来。而分层软件以 STL 文件格式为基础，导入前，要先生成 STL 文件。

目前，设计软件和打印机之间协作的标准文件格式是 STL 文件。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。

目前，有人在推广一种 AMF 格式的 3D 打印文件，主要是增加了模型的纹理、颜色、材质等信息，以后可能还会有新的技术出现。

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黏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制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<sup>①</sup>）或者微米（ $\mu\text{m}$ ）来计算的。一般的厚度为  $100\mu\text{m}$ ，即 0.1mm，也有部分打印机如 Object Connex 系列还有三维 Systems ProJet 系列可以打印出厚度仅  $16\mu\text{m}$  的薄薄一层。而平面方向则可以打印出与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  $50\sim 100\mu\text{m}$ 。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可以将时间缩短为数个小时。

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，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材料（如可溶的东西）制作支撑物。

三维打印机的分辨率对大多数应用来说已经足够（在弯曲的表面处可能会显得比较粗糙，放大看表面如锯齿），要获得更高分辨率的物品可以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。

## 第二节 3D 打印的特色

3D 打印技术最突出的优点是不需机械加工或任何模具，就能直接从计算机图形数据中生成任何形状的零件，从而极大地缩短产品的研制周期，提高生产率和降低生产成本。

与传统技术相比，三维打印技术还有如下优势：通过摒弃生产线而降低了成本；大幅减少了材料浪费；而且，它还可以制造出传统生产技术无法制造出的结构形状，让人们可以更有效地设计出飞机机翼或热交换器等；另外，在具有良好设计概念和设计过程的情况下，三维打印技术还可以简化生产制造过程，快速有效地生产出单个物品。

三维打印技术还有其他重要的优点。大多数金属和塑料零件为了生产而设计，这就意味着它们会非常笨重，并且含有与制造有关但与其功能无关的剩余物。在三维打印技术中，原材料只为生产所需要的数量，借用三维打印技术，可以使生产出的零件更加精细且轻盈。

三维打印技术排除了使用工具加工、机械加工和手工加工，而且改动技术细节的效率极

① 1 英寸(in)=25.4mm。

高。传统的制造技术（铸造、锻压、车、铣、刨、磨、钳、电火花等），由于受到加工工艺的束缚，往往产生不必要的结构导致零件笨重，例如，为确保浇注流动性，使铁（钢）水充满砂型，设计铸造零件的壁厚应大于 6mm，壁厚力求均匀且拐角应圆滑过渡，设计拔模斜度，钻孔底部必须按钻头角度设计成  $120^\circ$  等，如图 1-8 所示。

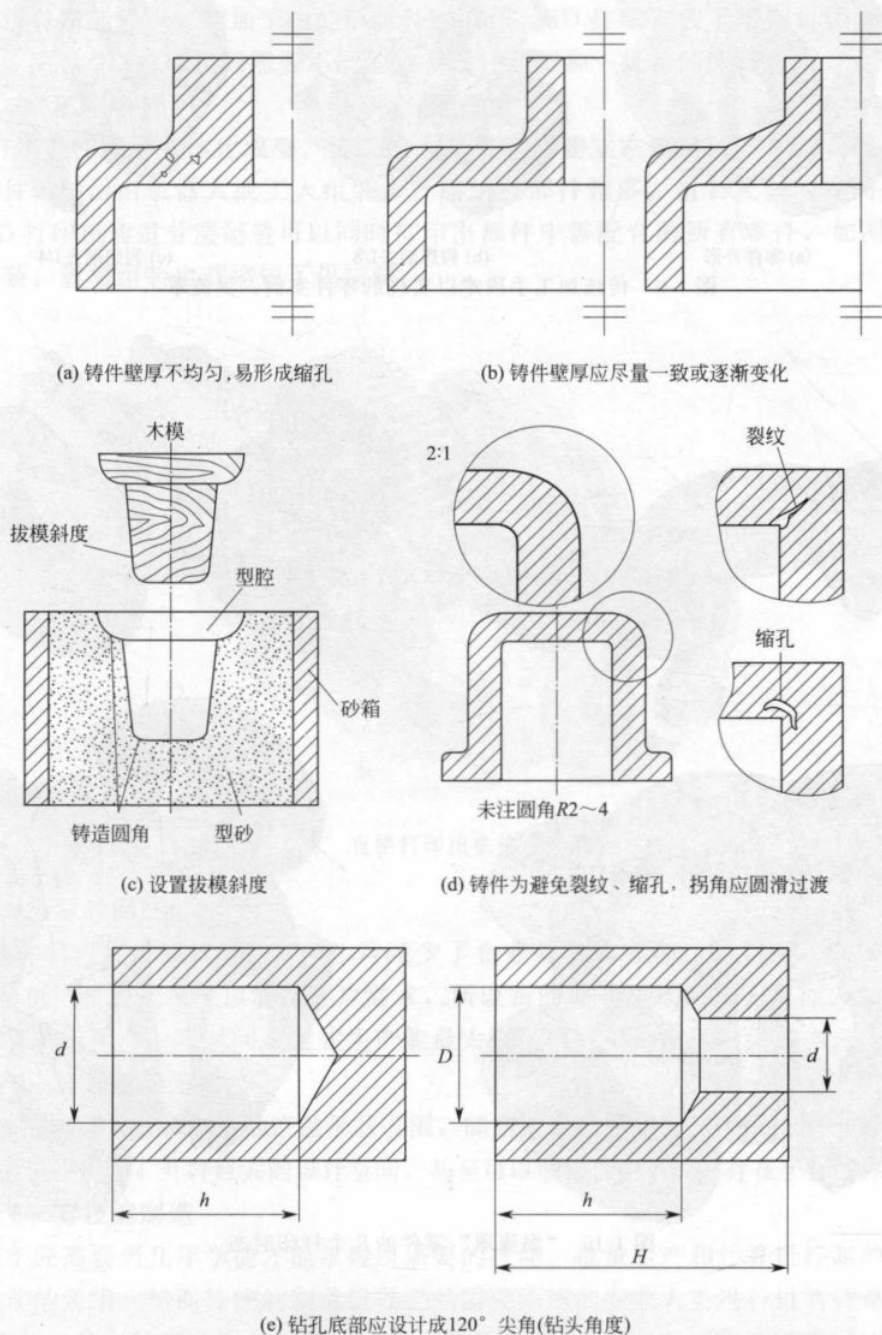
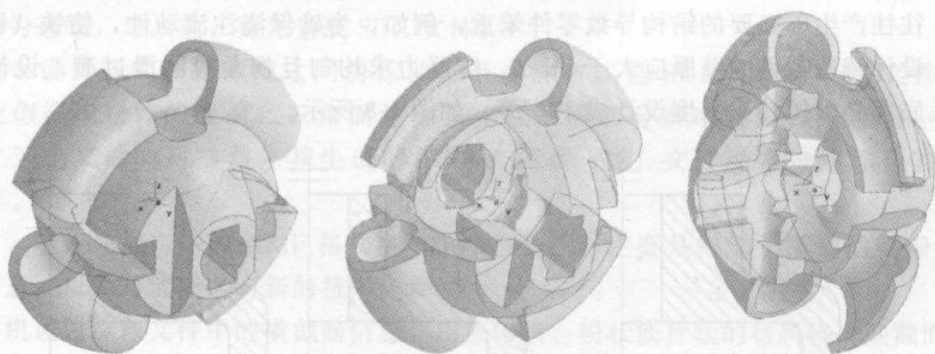


图 1-8 传统工业中的工艺结构

而 3D 打印可以不必考虑各种传统加工手段，不必考虑模具、刀具等，几乎是“所想即所得”。如图 1-9 所示的零件，由于内外结构形状比较复杂，靠传统加工手段难以实现，而采用 3D 打印手段，由于是层层堆积而成的“增材”过程，对结构简单和复杂的零部件是

“一视同仁”的。图 1-10 所示的是该零件的几个打印时态。



(a) 零件外形

(b) 假想剖去1/8

(c) 假想剖去1/4

图 1-9 传统加工手段难以实现的零件实例：涡流罩

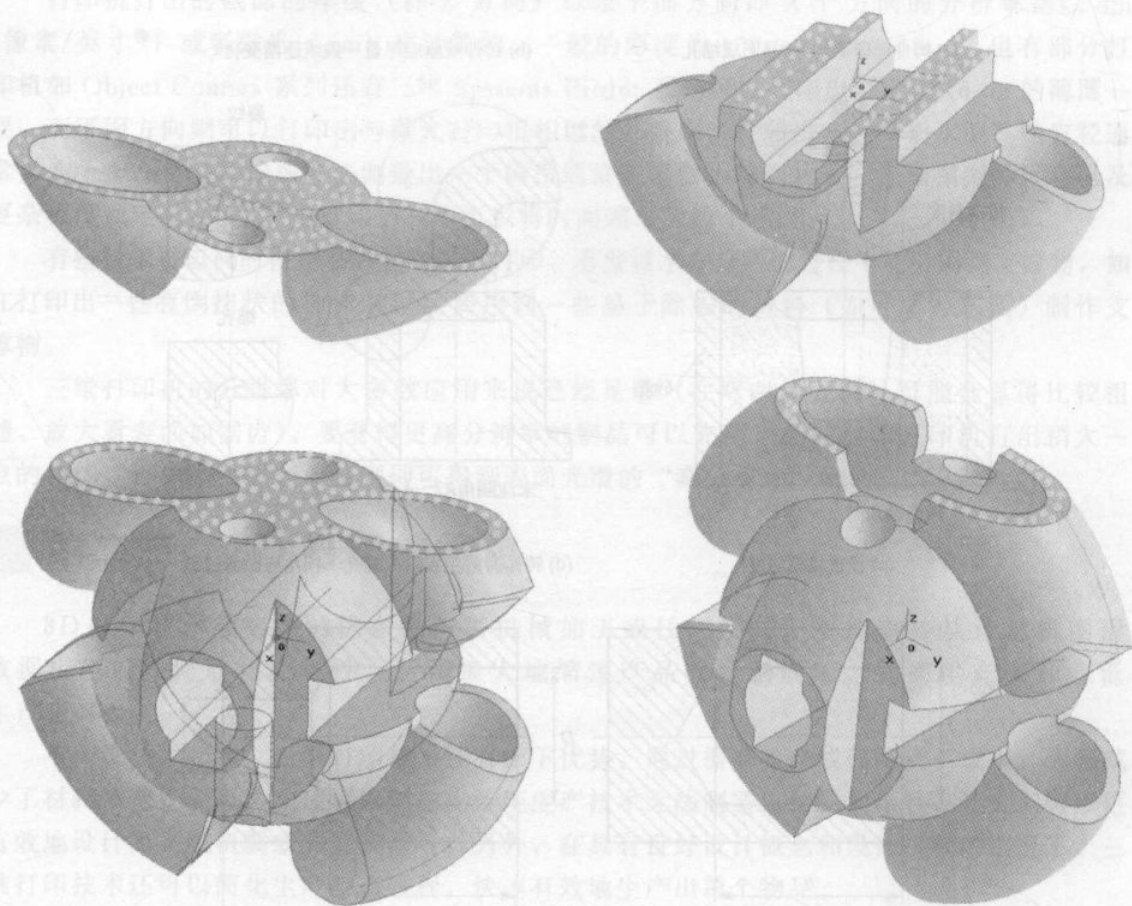


图 1-10 “涡流罩”零件的几个打印时态

## 3D 打印 10大优势

### 优势 1：制造复杂物品不增加成本

就传统制造而言，物体形状越复杂，制造成本越高。对 3D 打印机而言，制造形状复杂的物品，成本不增加，制造一个形状复杂的物品并不比打印一个简单的方块消耗更多的时

间、技能或成本。制造复杂物品而不增加成本，将打破传统的定价模式，并改变我们计算制造成本的方式。

#### 优势 2：产品多样化不增加成本

一台 3D 打印机可以打印许多形状，它可以像工匠一样每次都做出不同形状的物品。传统的制造设备功能较少，能加工出的形状种类有限。3D 打印省去了培训机械师或购置新设备的成本，一台 3D 打印机只需要不同的数字设计蓝图和一批新的原材料。

#### 优势 3：不需组装

3D 打印能使部件一体化成型。传统的大规模生产建立在组装线基础上，机器生产出相同的零部件，然后由机器人或工人组装。产品组成部件越多，组装耗费的时间和成本就越多。而 3D 打印机通过分层制造可以同时打印出部件中需配合的所有零件，如图 1-11 所示，不需要组装。省略组装也就缩短了供应链。

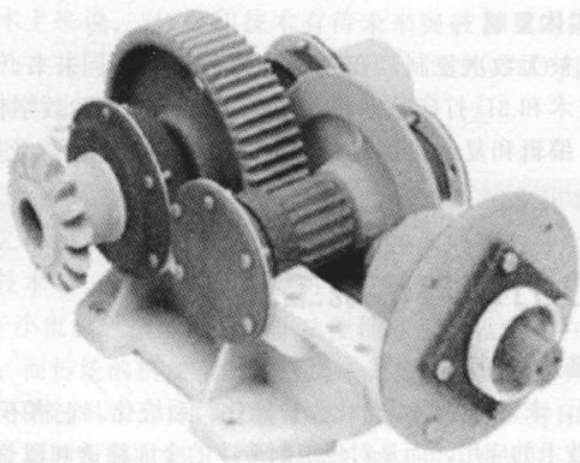


图 1-11 直接打印出机构中的配合零件

#### 优势 4：零时间交付

3D 打印机可以按需打印，即时生产减少了企业的实物库存，企业可以根据客户订单使用 3D 打印机“量身定制”以满足客户需求，所以新的商业模式将成为可能。如果人们所需的物品按需就近生产，零时间交付式生产能最大限度地减少长途运输的成本。

#### 优势 5：设计空间无限

传统制造技术和工匠制造的产品形状有限，能制造出的形状受制于所使用的工具。3D 打印机可以突破这些局限，开辟巨大的设计空间，甚至可以制作目前可能只存在于自然界的形状。

#### 优势 6：零技能制造

传统工匠需要当几年学徒才能掌握所需要的技能。批量生产和计算机控制的制造机器降低了对技能的要求，然而传统的制造机器仍然需要熟练的专业人员进行机器调整和校准。而 3D 打印机从设计文件里获得各种指示，做同样复杂的物品，3D 打印机所需要的操作技能比注塑机少。非技能制造开辟了新的商业模式，并能在远程环境或极端情况下为人们提供新的生产方式。

#### 优势 7：不占空间，便携制造

就单位生产空间而言，与传统制造机器相比，3D 打印机的制造能力更强。例如，注塑

机只能制造比自身小很多的物品，而 3D 打印机可以制造和其打印台一样大的物品。3D 打印机调试好后，打印设备可以自由移动，打印机可以制造比自身还要大的物品。较高的单位空间生产能力使得 3D 打印机适合家用或办公使用，因为它们所需的物理空间小。

#### 优势 8：减少废弃副产品

与传统的金属制造技术相比，3D 打印机制造金属时产生较少的副产品。传统金属加工的浪费量惊人，90% 的金属原材料被丢弃在工厂车间里。3D 打印制造时金属浪费量较少。随着打印材料的进步，“净成形”制造可能成为更环保的加工方式。

#### 优势 9：材料无限组合

对当今的制造机器而言，将不同原材料结合成单一产品是件难事，因为传统的制造机器在切割或模具成型过程中不能轻易地将多种原材料融合在一起，随着多材料 3D 打印技术的发展，我们有能力将不同原材料融合在一起，以前无法混合的原料混合后将形成新的材料，这些材料色调种类繁多，具有独特的属性或功能。

#### 优势 10：精确的实体复制

数字音乐文件可以被无数次复制，音频质量并不会下降。未来，3D 打印将数字精度扩展到实体世界。扫描技术和 3D 打印技术将共同提高实体世界和数字世界之间形态转换的分辨率，我们可以扫描、编辑和复制实体对象，创建精确的副本或优化原件。

## 第三节 3D 打印与传统工业

### 1. 3D 打印——助推万众创新

3D 打印的工业应用，未来将变得平台化、智能化、系统化。它将不仅是研发流程和生产工艺中的单个环节、孤立技术的应用，而是对传统制造业的全面渗透和覆盖，甚至是商业模式的创新。3D 打印与机器人、物联网、大数据、云计算等领域的结合也将更加密切，进而削减仓储成本，优化供应链管理，在打造“智能工厂”、构建“智能生产”、实现“智能物流”中扮演更重要的角色。此外，3D 打印技术也将成为万千创客发挥创意、小型团队验证设计可行性、推动万众创新的重要助力。3D 打印可以把人们眼前所看到的、脑中所想到的变为现实。

### 2. 3D 打印——颠覆性的制造技术

3D 打印与传统制造业的最大区别在于产品成型的过程上。在传统的制造业中，整个制造流程一般需要经过开模具、铸造或锻造、切割、部件组装等过程。3D 打印则免去了复杂的过程，不需模具，一次成型。因此，3D 打印可以克服一些传统制造上无法达成的设计，制作出更复杂的结构。随着技术的不断进步，3D 打印在铸造精度上已经可以与传统方式相媲美，但是在大规模生产上，3D 打印目前仍无法获得规模经济，在成本上和效率上不具优势。因此，3D 打印主要应用于个性化、小批量和高精度的产品制造上。个性化定制、小批量、多品种的需求应用中，3D 技术的优势非常明显并且不可或缺，因为少了中间制作模具的环节，带来的是效率的提高、成本的降低和基于终端用户个性化需求的灵活性。

3D 打印技术是典型的颠覆性技术，一台打印机可以“万能地”制造种类繁多的定制化产品，有时甚至直接打印成型而无须组装，图 1-12 所示的是高精度 3D 打印机一次打印成型的机构装配体，由于精度达到公差配合级别，成型的配合零件可以精确转动或移动。

近代装备制造业经过数百年的积累和发展，形成了配套完善、功能齐全的产业基础；21

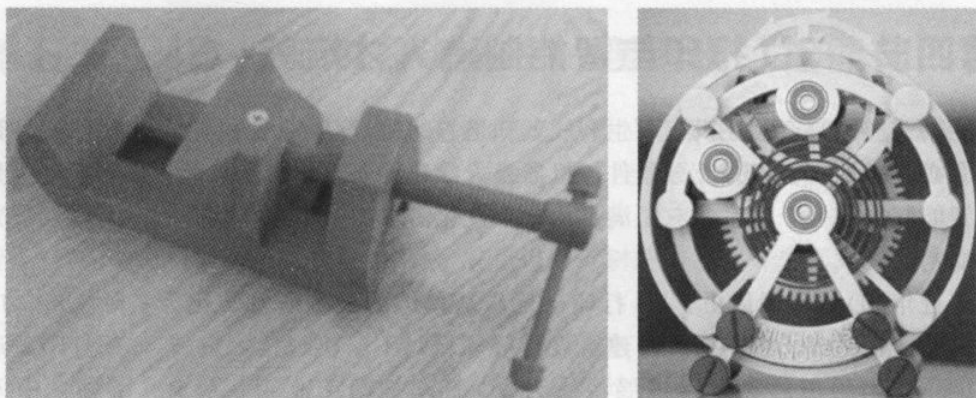


图 1-12 3D 打印机一次打印成型的机构装配体

世纪以来,传统制造业中不断引入新一代信息技术,正在向智能化、数字化和网络化的现代先进制造业转变。从技术上来说,3D 打印技术有待未来突破自身的限制,但 3D 打印技术可与传统制造业技术互补,共同推进现代制造业的转型。此外,3D 打印技术本身也在不断改进,不断有新的应用材料出现,应用领域也在逐步拓展。

### 3. 3D 打印与传统制造业优势互补

传统机械制造是基于削、钻、铣、磨、铸和锻等“减材”制造基本工艺的组合,工件的制造一般要经过多个工艺的组合才能完成。而 3D 打印技术秉承“分层制造,逐层叠加”的核心原理,是一体成型技术,一台 3D 打印机就可以完成整个工件的制造。从工业应用领域来看,目前 3D 打印适于小批量、造型复杂的非功能性零部件,大多在汽车、航天等领域内用于制造样件和模具等;而传统的机加工制造适用于大规模、需要量产的部件,并广泛应用在几乎所有领域。从使用的材料来分析,受制于技术的需要,3D 打印技术目前使用的材料多为塑料、光敏树脂和金属粉末等材料,这与传统机加工可以使用几乎任何材料相比要少很多。但 3D 打印就像其技术特点一样,几乎不产生浪费,材料的利用率可超过 95%;而传统制造,不同程度地要产生许多废料。

如今,3D 打印技术已经在社会公众中引起了较大的反响,业界也有学者认为 3D 打印将在制造业掀起颠覆性的革命。

### 4. 3D 打印技术助力脱贫,将淤泥化为房屋

利用淤泥,配以一定的混凝土,再加入一种特殊的黏合剂,从而混合配置成了 3D 打印原材料。运用 3D 打印技术,可快速成型房屋,只需 12~24h,即可打印出一幢 60m<sup>2</sup> 左右的房子,为居无定所的人提供一个温暖的家。图 1-13 所示的是一家 3D 打印公司仅用了 24h 建成的房屋的内、外景。

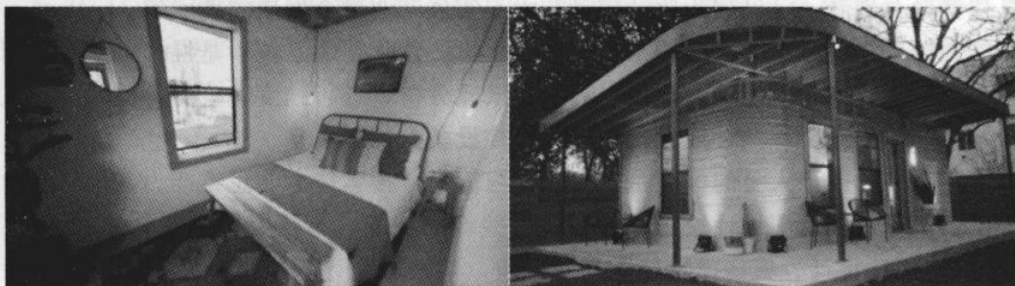


图 1-13 3D 打印出的房屋内、外景