

·中国制造2025计划·

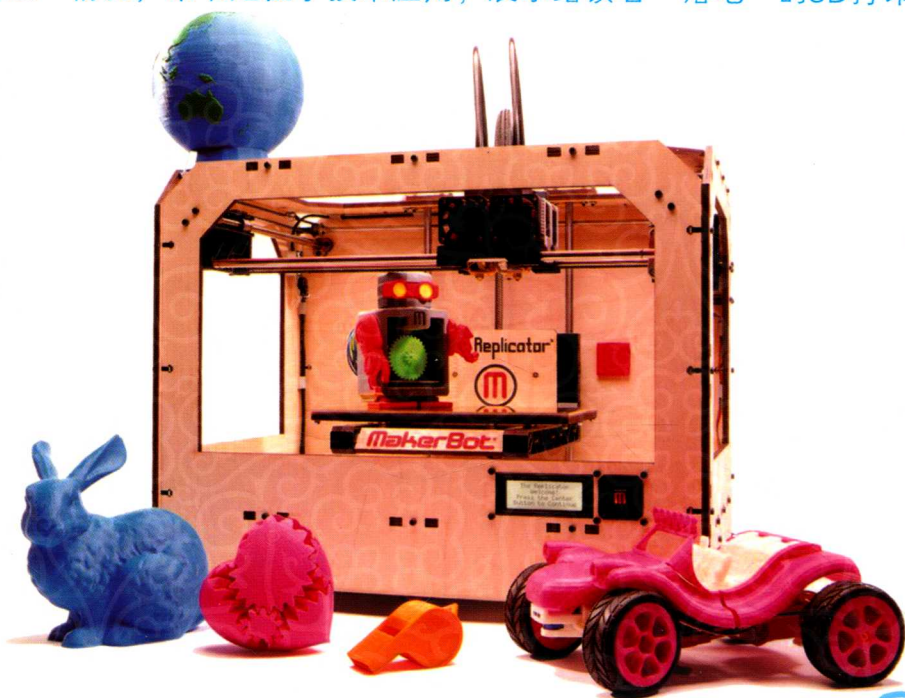
揭秘打印

从建模工具到成品输出

紧贴实战

展示 3D 打印完整流程

随着3D打印技术的普及和发展，由该项技术引领的这场新工业革命正逐步被越来越多的人所熟知，而如何将这一技术从“理论探讨”变为“实操可用”成为了当前最大难题。针对这一情况，本书定位于技术应用，展示给读者“落地”的3D打印技术。



新工业革命

综合建模 与3D打印

Creo

陈景文 编著

- **循序渐进** 结合众多典型案例展示了Creo软件建模及3D打印输出成品的完整流程
- **涵盖面广** 覆盖汽车、航天航空、电子、模具、玩具、工业设计和机械制造等领域
- **轻松图解** 以简单明了的布局辅以众多拓展知识，打造出一本轻松易懂的技术手册
- **适用人群** 机械设计、模具设计、工业设计、产品造型与结构设计等专业技术人员

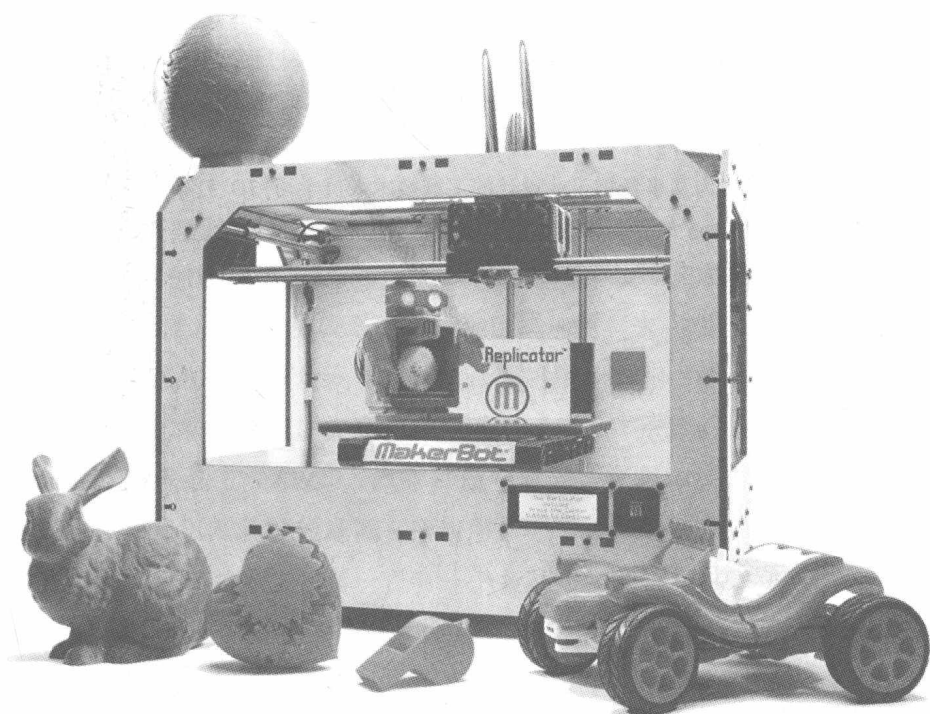
DVD
VIDEO

附赠

赠 全书案例的设计素材以及最终效果
再赠 超长290分钟本书语音教学视频
超值赠 110分钟建模实战多媒体视频



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



新工业革命

综合建模 Creo 与 3D 打印

陈景文 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书基于 Creo 软件,向读者展示出制作适合 3D 打印的模型,之后优化修补模型,最终利用 3D 打印完成模型制作这一完整过程。书中介绍了几十种模型的建模、优化及修补方法,以及主流 3D 打印机的使用流程,并对 3D 打印材料和 3D 打印机原理进行了详细阐述。

本书可作为从事各类工业设计的工程技术人员学习 3D 打印的参考资料,适合对 Creo 软件制作 3D 打印模型感兴趣的读者阅读,也可作为各类培训机构以及大中专院校的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

新工业革命:Creo 综合建模与 3D 打印/陈景文编著. —北京:机械工业出版社,2015.7

ISBN 978-7-111-50707-9

I. ①新… II. ①陈… III. ①立体印刷-计算机辅助设计-应用软件 IV. ①TS853-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 145434 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:丁 伦 责任编辑:丁 伦

责任印制:乔 宇 责任校对:张艳霞

保定市中画美凯印刷有限公司印刷

2015 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

185mm×260mm·26 印张 2 插页·682 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-50707-9

ISBN 978-7-89405-832-4(光盘)

定价:75.00 元(附赠 1DVD,含教学视频)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:(010) 88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:(010) 68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

(010) 88379203

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金 书 网:www.golden-book.com

前言

3D 打印技术又称积层制造 (Additive Manufacturing, AM), 也称三维打印技术, 是指通过 3D 打印机采用分层加工、迭加成形的方式逐层增加材料来生成 3D 实体。3D 打印技术最突出的优点是无须机械加工或模具就能直接从计算机图形数据中生成各种任意形状的物体, 从而极大地缩短产品的研制周期, 提高生产效率并降低生产成本。该技术在珠宝、鞋类、工业设计、建筑、工程和施工 (AEC)、汽车、航空航天、牙科和医疗产业、教育、地理信息系统、土木工程、军事以及其他领域都有所应用。

长久以来, 科学家和技术工作者一直有一个复制技术的设想, 但直到 20 世纪 80 年代, 3D 打印的概念才开始出现。过去, 设计师能在计算机软件中制作虚拟的三维物体, 但要将这些物体用黏土、木头或是金属做成模型, 可以用费时、费力、费钱来形容。3D 打印的出现使模型由平面变成立体的过程一下简单了很多, 设计师的任何改动都可在几个小时后重新打印出来, 而不用花上几周时间等着工厂把新模型制造出来, 这样一来可以大大降低制作成本和缩短制作周期。随着科技的不断进步, 更多的东西可以用各种材料打印出来。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粘合起来从而制造出一个实体。这种技术的特点在于几乎可以造出任何形状的物品。

近些年, 3D 打印技术在国内掀起了一股技术创新热潮, 作为产品 3D 效果展示的技术保障, 3D 可视化呈现在国内也获得了广泛的应用。许多传统制造行业、企业也都嵌入了 3D 可视化技术, 使用基于各类引擎的 3D 可视化呈现技术来设计和展示产品已经成为国内行业发展的趋势。我国 3D 打印设计服务市场快速增长, 已有几家企业利用 3D 打印制造技术生产设备和提供服务。用发展的眼光来看, 3D 打印首先会影响的是模具行业。即便在国内制造行业转型压力巨大的今天, 模具行业仍然风景独好, 一方面是它对技术要求高, 另一方面是有市场需求, 因为在产品大规模生产之前必须要进行多次打样和修改。传统的制造技术 (如注射法) 可以以较低的成本大量地制造聚合物产品, 而 3D 打印技术可以以更快、更有弹性以及更低成本的办法生产数量相对较少的产品。一个桌面尺寸的 3D 打印机就可以满足设计者或概念开发小组制造模型的需要, 极大地缩短了产品的研制周期, 大幅度减少了成本投入。3D 打印拥有速度快、尺寸灵活、成本经济等优点, 是制作模型的理想之选。

综上所述, 3D 打印技术正在引领一场新的工业革命, 相关题材图书已出版不少, 但大



多为理论探讨而非实战操作，读者往往看得“云里雾里”，却不知如何应用，因此本书在普及 3D 打印知识的同时，将更多篇幅放在将该技术“落地”的实操上。在调研了各类有建模需求的技术人员的基础上，本书选出了贴近一线工作的多种建模方法下的 3D 打印建模案例，并且完整展示了在 3D 打印机硬件上实现成品打印，以及模型修复和后期加工过程。同时，除展示完整的打印过程外，还提供了详尽的 3D 打印机设置及注意事项。此外，本书还收集了大量与 3D 打印相关的参考资料，以及当下最引人关注的热门话题：如 3D 照相馆解决方案、3D 打印材料、最新 3D 打印机的性价比资料等信息。

本书适合关注 3D 打印的有关人员阅读，更适合相关大专院校的师生作为教材使用。由于编写时间仓促，作者水平有限本书不足之处在所难免，敬请广大读者谅解并批评指正。

第 1 章

工业设计中的 3D 打印概念

1.1 什么是 3D 打印	2
1.2 3D 打印的应用领域	3
1.2.1 工业制造	3
1.2.2 文化创意和数码娱乐	3
1.2.3 航空航天、国防军工	4
1.2.4 生物医药	4
1.2.5 消费品	4
1.2.6 建筑工程	5
1.2.7 教育	5
1.2.8 个性化定制	5
1.2.9 文物保护	6
1.3 全球 3D 打印的发展情况	6
1.3.1 国内 3D 打印的发展现状	6
1.3.2 国外 3D 打印的发展现状	7
1.4 3D 打印的优缺点	7
1.4.1 3D 打印技术有传统制造技术不可比拟的优势	7
1.4.2 3D 打印身上的“三座大山”	9
1.5 打印 3D 模型时需要注意的 10 条准则	10
1.6 3D 打印的材料选择与对比	11
1.7 3D 打印的常用术语	13
1.8 主流 3D 打印机介绍	14

实战问答：3D 打印机可以打印大尺寸模型吗	20
技术链接：全球 3D 打印行业的竞争格局	21

第 2 章

3D 打印流程

2.1 3D 模型打印的要求	23
2.1.1 物体模型必须为封闭的	23
2.1.2 物体模型的最大尺寸和壁厚	23
2.1.3 正确的法向	24
2.2 转换 STL 格式	24
2.3 启动打印机	25
2.4 安装材料盒	25
2.5 开始打印	26
2.6 冷却	26
2.7 去掉底座和支撑	26
2.8 精修模型	27
实用问答：3D 打印机打印的产品有哪些优势，哪些用途	28
技术链接：3D 打印的十大优势	29

第 3 章

工业设计软件的建模流程和 3D 打印文件的输出

3.1 工业设计软件的建模流程	33
-----------------	----

3.2 打印前的准备	33
3.2.1 打印机的防护事项	33
3.2.2 打印时的安全保护措施	34
3.2.3 开源 3D 打印机的外观	34
3.2.4 开源打印机的规格	36
3.3 安装打印机	36
3.4 3D 打印文件的输出	38
实用问答：3D 打印机打印出来的产品 强度如何	39
技术链接：桌面 3D 打印的包埋 技巧	40

第 4 章

3D 模型的常用建模工具

4.1 Creo 常用建模工具	42
4.2 netfabb 修补工具的使用	47
4.2.1 下载并安装软件	47
4.2.2 导入模型	48
4.2.3 自动修复模型	49
实用问答：3D 打印的常用技术有 哪些	52
技术链接：2015 年 3D 打印技术的 发展趋势	54

第 5 章

零件建模&打印实战

5.1 多头工具	57
多头工具的设计草图	57
5.1.1 操作步骤详解	58
5.1.2 输出多头工具模型	85
5.1.3 检查多头工具的 STL 模型	85

5.1.4 移除多头工具模型	92
5.1.5 移除多头工具模型的支撑材料	93
5.2 手机壳	94
手机壳的设计草图	94
5.2.1 操作步骤详解	95
5.2.2 输出手机壳模型	114
5.2.3 检查手机壳的 STL 模型	115
5.2.4 打印手机壳模型	115
5.3 摄像头镜头盖	118
摄像头镜头盖的设计草图	118
5.3.1 操作步骤详解	119
5.3.2 输出摄像头镜头盖模型	137
5.3.3 在 netfabb 中将黄色的破损面进行 修复	138
5.3.4 打印并校准喷头高度且进行 预热	140
5.3.5 移除摄像头镜头盖模型	141
5.3.6 移除摄像头镜头盖的支撑 材料	142
5.4 手机支架	143
手机支架的设计草图	143
5.4.1 操作步骤详解	144
5.4.2 输出手机支架模型	165
5.4.3 检查手机支架的 STL 模型	166
5.4.4 在 netfabb 中切割模型	167
5.4.5 打印手机支架模型	169
5.4.6 移除模型时的人身安全措施	169
5.4.7 3D 打印时的故障排除	170
课后练习 1：iPad 底座	171
课后练习 2：俯拍相机框	173
实用问答：购买 3D 打印机需要注意 哪些事项	176
技术链接：3D 打印的常见程序	178



第 6 章

生活用品建模&打印实战

6.1 字母杯	180
字母杯的设计草图	180
6.1.1 操作步骤详解	181
6.1.2 输出字母杯模型	200
6.1.3 放大字母杯的 STL 模型	200
6.1.4 清洗打印机喷嘴	201
6.1.5 打印机故障排除	202
6.1.6 移除字母杯模型的支撑材料	203
6.2 戒指	204
戒指的设计草图	204
6.2.1 操作步骤详解	205
6.2.2 输出戒指模型	222
6.2.3 处理戒指 STL 模型的 破损面	223
6.2.4 打印戒指模型	225
6.3 烛台	228
烛台的设计草图	228
6.3.1 操作步骤详解	229
6.3.2 输出烛台模型	248
6.3.3 检查烛台的 STL 模型	249
6.3.4 打印模型时计算模型的打印 成本	250
6.3.5 移除烛台模型和支撑材料	251
6.4 餐具叉子	252
叉子的设计草图	252
6.4.1 操作步骤详解	253
6.4.2 输出餐具叉子的模型	272
6.4.3 检查餐具叉子的 STL 模型	273
6.4.4 准备打印平台	274

6.4.5 打印支撑的选择	275
---------------------	-----

课后练习 1: 车载手机支架	277
----------------------	-----

课后练习 2: 吊坠	279
------------------	-----

实用问答: 彩色 3D 打印机主要有 哪些类型	282
----------------------------------	-----

技术链接: 3D 打印机控制材料成本 的方法	283
---------------------------------	-----

第 7 章

玩具建模&打印实战

7.1 玩具摆件	285
玩具摆件的设计草图	285
7.1.1 操作步骤详解	286
7.1.2 输出玩具摆件模型	306
7.1.3 STL 模型的单位转换	307
7.1.4 将模型放到成型平台上	307
7.1.5 打印材料的操作	307
7.2 骰子	310
骰子的设计草图	310
7.2.1 操作步骤详解	311
7.2.2 骰子的模型输出	330
7.2.3 检查骰子的 STL 模型	331
7.2.4 骰子的模型打印过程	331
7.2.5 移除骰子模型	332
7.2.6 移除骰子模型的支撑材料	333
7.3 玩具火车车厢	334
玩具火车车厢的设计草图	334
7.3.1 操作步骤详解	335
7.3.2 输出玩具火车车厢模型	369
7.3.3 检查并修复 STL 模型的破损 区域	370
7.3.4 打印模型时的支撑设置	373

7.3.5 移除玩具火车车厢模型.....	374
7.3.6 移除玩具火车车厢模型的支撑 材料.....	374
7.4 椅子.....	375
椅子的设计草图	375
7.4.1 操作步骤详解.....	376
7.4.2 椅子模型的输出方式.....	395
7.4.3 检查椅子的 STL 模型.....	396
7.4.4 打印模型时设置支撑间隔和 面积.....	397
课后练习 1：火箭	399
课后练习 2：飞机	402
实用问答：3D 打印技术 SLA、LOM、 SLS、FDM、3DP 各有 什么优缺点.....	405
技术链接：材料参数和价格对比	408



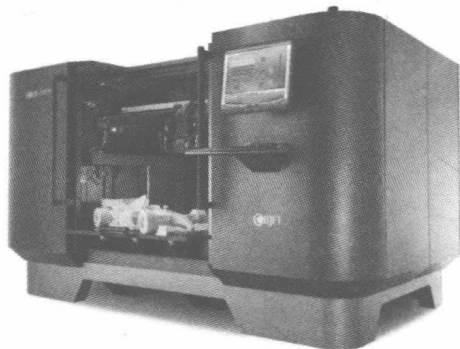
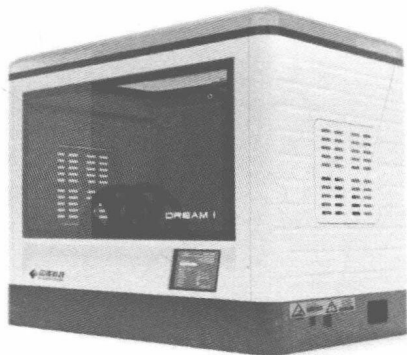
第 1 章

工业设计中的 3D 打印概念

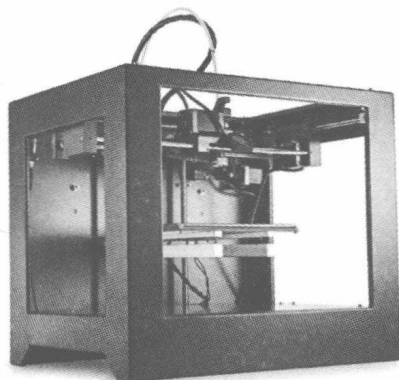
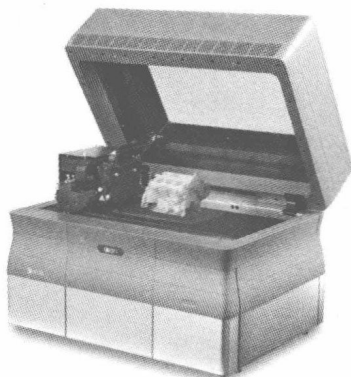
3D 打印（3D Printing）即快速成型技术的一种，它是一种以数字模型文件为基础运用粉末状金属或塑料等可粘合材料通过逐层打印的方式来构造物体的技术。过去其常在模具制造、工业设计等领域被用于制造模型，现正逐渐用于一些产品的直接制造，特别是一些高价值应用（比如髋关节或牙齿，或一些飞机零部件）已经有使用这种技术打印而成的零部件。“3D 打印”意味着这项技术的普及。3D 打印通常采用数字技术材料打印机来实现。这种打印机的产量以及销量在 21 世纪得到了极大的增长，其价格正逐年下降。

1.1 什么是 3D 打印

3D 打印并非新鲜的技术，这个思想起源于 19 世纪末的美国，并在 20 世纪 80 年代得以发展和推广。中国物联网校企联盟把它称作“上上个世纪的思想，上个世纪的技术，这个世纪的市场”。3D 打印通常采用数字技术材料打印机来实现。



使用打印机就像打印一封信：单击计算机屏幕上的【打印】按钮，一份数字文件便被传送到一台喷墨打印机上，它将一层墨水喷到纸的表面以形成一幅二维图像。而在 3D 打印时，软件通过计算机辅助设计技术（CAD）完成一系列数字切片，并将这些切片的信息传送到 3D 打印机上，后者会将连续的薄型层面堆叠起来，直到一个固态物体成型。3D 打印机与传统打印机最大的区别在于它使用的“墨水”是实实在在的原材料。



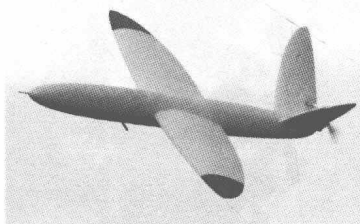
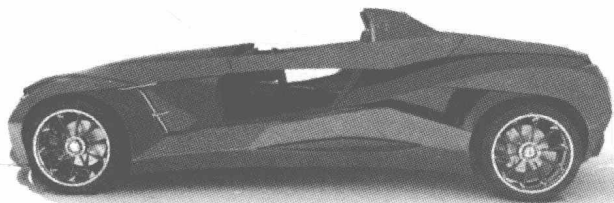
3D 打印是制造业领域正在迅速发展的一项新兴技术,被称为“具有工业革命意义的制造技术”。运用该技术进行生产的主要流程是:应用计算机软件设计出立体的加工样式,然后通过特定的成型设备(俗称“3D 打印机”)用液化、粉末化、丝化的固体材料逐层“打印”出产品。

1.2 3D 打印的应用领域

3D 打印需要依托多个学科领域的尖端技术,至少包括信息技术、精密机械和材料科学三大技术。金模工控网的首席信息官罗百辉指出,近年来 3D 打印技术发展迅速,在各个环节都取得了长足进步。通过与数控加工、铸造、金属冷喷涂、硅胶模等制造手段相结合,该技术已成为现代模型、模具和零件制造的有效手段,在航空航天、汽车摩托车、家电、生物医学等领域得到了一定的应用,在工程和教学研究等应用领域也占有独特地位,下面介绍其具体应用领域。

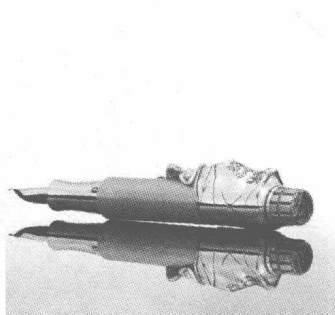
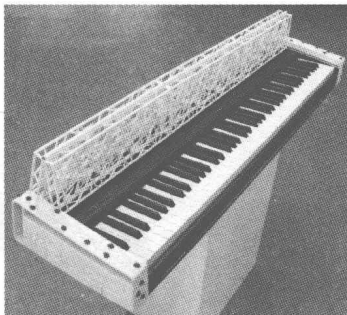
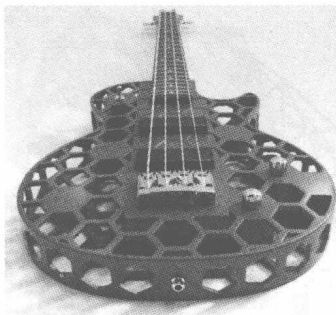
1.2.1 工业制造

3D 打印应用于工业制造方面,例如产品概念设计、原型制作、产品评审、功能验证;制作模具原型或直接打印模具和产品。3D 打印的小型无人飞机、小型汽车等概念产品已问世,3D 打印的家用器具模型也被用于企业的宣传、营销活动中。



1.2.2 文化创意和数码娱乐

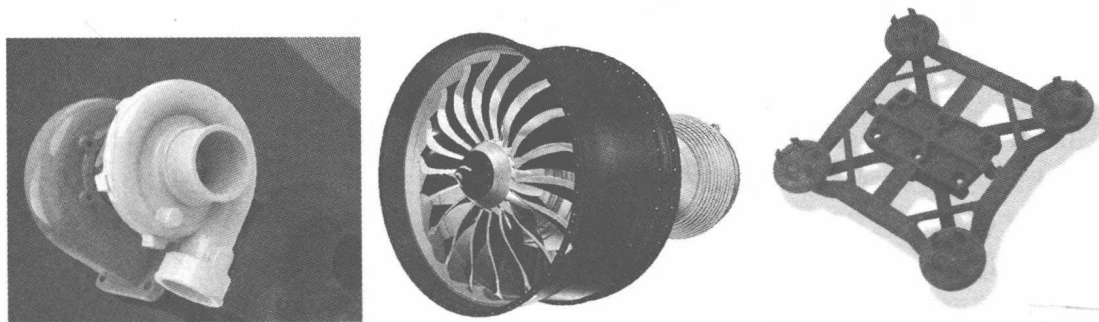
形状和结构复杂、材料特殊的艺术表达载体。在科幻类电影《阿凡达》中就运用 3D 打印塑造了部分角色和道具,而某些 3D 打印的小提琴接近手工工艺的水平。



1.2.3 航空航天、国防军工

形状复杂、尺寸较小、性能特殊的零部件、机构的直接制造。

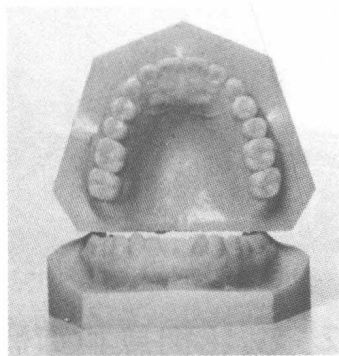
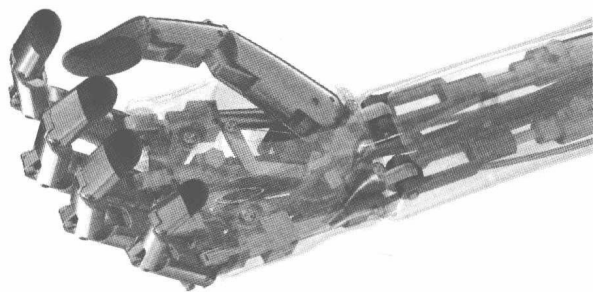
打印机成功地“打印”出了航空发动机的重要零部件。与传统制造相比，这一技术将使该零件的成本缩减 30%、使制造周期缩短 40%。来不及庆祝这一喜人的成果，设计师们又匆匆踏上了新的征程。鲜为人知的是，他们已经“秘密”研发 3D 打印技术十年之久了。



1.2.4 生物医疗

人造骨骼、牙齿、助听器、假肢等。

据说，一位 80 多岁的老人患有慢性的骨头感染，因此换上了由 3D 打印机“打印”出来的下颚骨，这是世界上第一个使用 3D 打印产品做人体骨骼的案例。



1.2.5 消费品

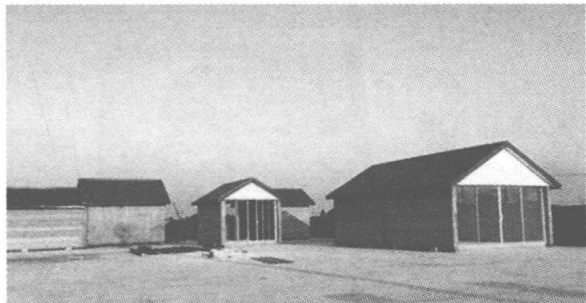
珠宝、服饰、鞋类、玩具、创意 DIY 作品的设计和制造。



1.2.6 建筑工程

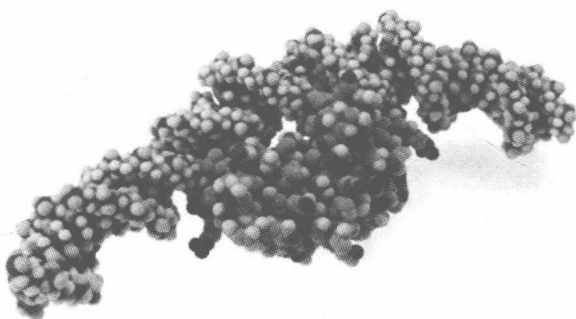
建筑模型风动试验和效果展示，建筑工程和施工（AEC）模拟。

在建筑业里，工程师和设计师们已经接受了用3D打印机打印的建筑模型，这种方法快速、成本低、环保，同时制作精美，完全符合设计者的要求，同时又能节省大量材料。



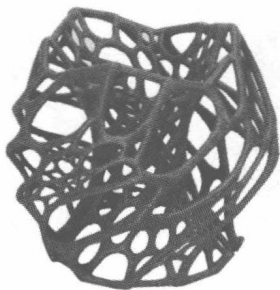
1.2.7 教育

近年来，很多的高教专业在摸索创新教学模式，把3D打印系统与教学体系相整合。一方面3D打印机可以提高学生在掌握技术方面的优势，提高学生的科技素养，另一方面利用3D打印机打印出来的立体模型显著地提高了学生的设计创造能力。



1.2.8 个性化定制

基于网络的数据下载、电子商务的个性化打印定制服务。



1.2.9 文物保护

博物馆里常常会用很多复杂的替代品来保护原始作品不受环境或意外事件的伤害，同时复制品也能将艺术或文物的影响传递给更多、更远的人。史密森尼博物馆就因为原始的托马斯·杰弗逊要放在弗吉尼亚州展览，所以用了一个巨大的 3D 打印替代品放在原来雕塑的位置。

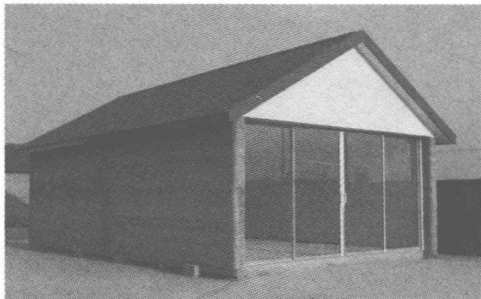


1.3 全球 3D 打印的发展情况

1.3.1 国内 3D 打印的发展现状

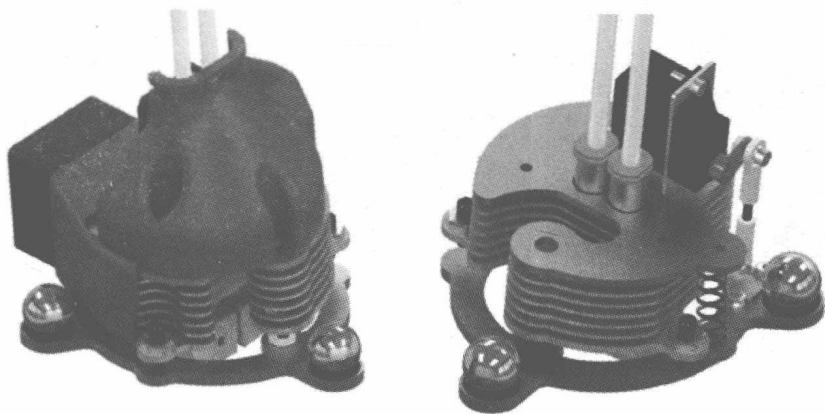
国内 3D 打印的发展现状不够理想，发展观念上落后，长期沿袭传统制造业的老路，生产设备、卖设备，没有将设备的生产与加工服务和应用市场相结合，国内 3D 打印产业危机四伏。

国内市场如果再得不到发展，未来市场将全部被国外企业所占据。目前，人们对于 3D 打印技术既充满热情又一片茫然，对这项技术充满神秘感，市场推广的难度很大，技术和市场存在脱节的问题，应用市场并没有真正打开。3D 打印产业发展的关键在于应用，一项新兴技术的发展必须与应用市场相结合。再好的技术，如果不能在实践中得到广泛的应用，那么这项技术一定没有发展前景。未来三到五年，对于 3D 打印行业来讲至关重要，如果应用市场还不能有效打开，其未来的道路将更加艰难。



1.3.2 国外3D打印的发展现状

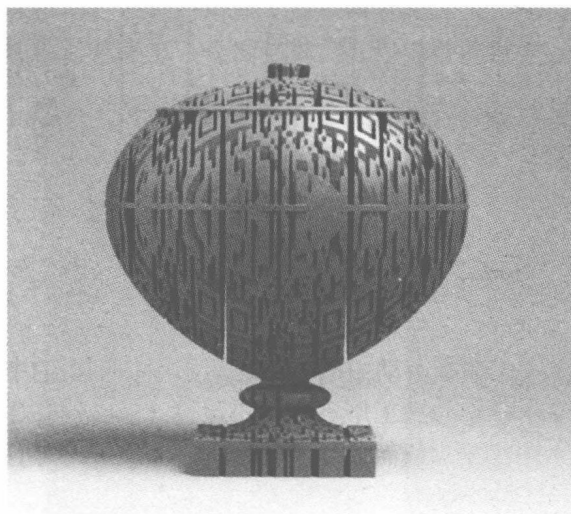
目前全球3D打印行业整体现状处于“小而散”的格局当中，还没有绝对的龙头企业和龙头人物产生，既缺乏成熟的商业模式引领，也没有有效地打开应用市场。原因在于3D打印技术本身不是一项替代性很强的技术，大家还没有找准市场定位，对于3D打印技术的认识也有误区，这项技术并不是万能的。另外，“小而散”的行业格局不利于新兴技术的发展。



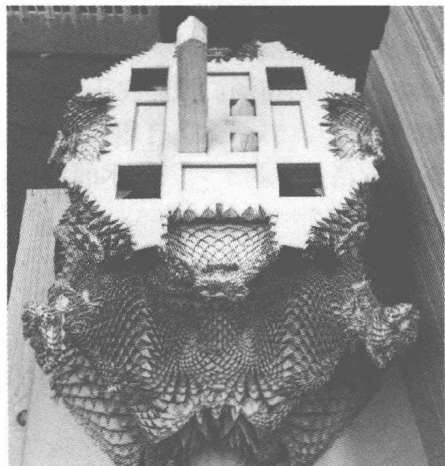
1.4 3D打印的优缺点

1.4.1 3D打印技术有传统制造技术不可比拟的优势

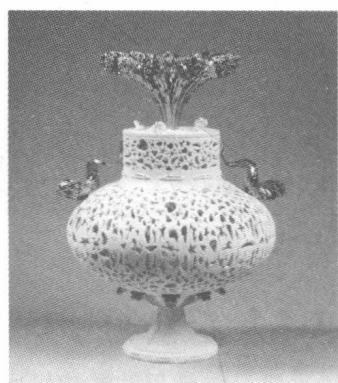
(1) 与常见的数控机床相比，3D打印可以加工任何复杂结构的产品，加工范围包括金属、塑料、生物、建筑等各种材料。



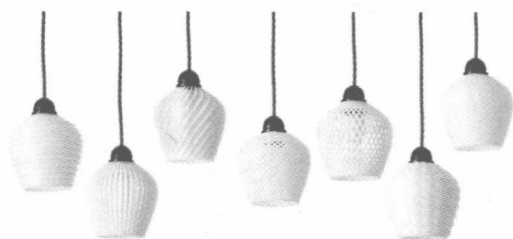
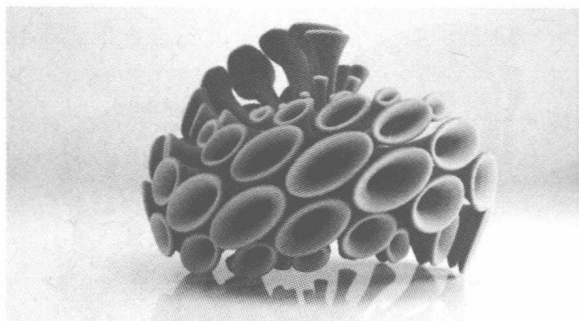
(2) 作为一种增材制造工艺, 无损耗, 在材料的利用率上有着明显的优势。



(3) 3D 打印可实现个性化、艺术化专属定制。3D 打印以数字化、网络化为基础, 实现直接制造、桌边制造和批量定制的新的制造方式。



(4) 能与生物工程结合, 与艺术创造结合, 满足消费者的个性意愿等。



由于该技术本身的特点, 3D 打印技术将会大大缩减劳动力成本, 这对于亟待转型的中国
经济来说具有非常重要的意义。此外, 利用 3D 打印技术工厂可以轻松地设计模具, 并尽
快投入批量生产, 而传统工厂在定制样品时要来回修改, 从而反复消耗人力制造成本, 并且
3D 打印还具有设计个性化、短流程等优势。