

- 详细的基础知识讲解
- 实用简洁的技巧提示
- 有针对性的实战操作
- 配增的超值光盘内容

# 3D打印机/AutoCAD/ UG/Creo/Solidworks 产品模型制作 完全自学教程

孙劼 编著

## 完全的功能讲解

全书细致讲解了AutoCAD/UG/Creo/Solidworks四款工业设计软件的建模技术、优化修补模型的方法以及主流3D打印机的使用流程，真正做到完全解析、完全自学。

## 功能强大应用广泛

服装配件、生活用品、零件、玩具、珠宝、鞋类、工业设计、建筑、施工、土木工程等领域都有所应用。

## 视频与图书互补

本书附带一张DVD教学光盘，内容包含本书所有实例的多媒体教学录像，共24集总时长600分钟，读者可以书盘结合轻松上手。

包含书中所有实训案例和工程文件  
附有24个配套教学视频，总时长600分钟

 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

# 3D打印机/AutoCAD/ UG/Creo/Solidworks 产品模型制作 完全自学教程

孙劼 编著

人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

3D打印机 : AutoCAD、UG、Creo、Solidworks产品模型制作完全自学教程 / 孙劼编著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2014.7

ISBN 978-7-115-34652-0

I. ①3… II. ①孙… III. ①立体印刷—印刷术  
IV. ①TS853

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第100720号

## 内 容 提 要

3D打印是一种快速成型技术,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黏合材料,通过逐层打印的方式来构造物体的技术,通常采用数字技术材料打印机来实现。

本书基于 AutoCAD、UG、Creo (Pro/E) 和 Solidworks 软件建模,通过制作适合 3D 打印的模型和模型优化修补,最终完成 3D 打印模型。本书分理论基础和建模实战两部分,介绍了四款工业设计软件的建模技术、优化修补模型的方法以及主流 3D 打印机的使用流程,并对 3D 打印材料、3D 打印机原理进行了阐述。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。

---

◆ 编 著 孙 劼

责任编辑 杨 璐

责任印制 程彦红

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 33.25

彩插: 4

字数: 992 千字

2014 年 7 月第 1 版

印数: 1-3 500 册

2014 年 7 月北京第 1 次印刷

---

定价: 69.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

# 目 录

## 第1章 3D打印概述

1.1 什么是3D打印	9
1.1.1 与普通概念打印机的不同之处	9
1.1.2 各种价位的3D打印机	10
1.1.3 3D打印成型方式	10
1.2 3D打印的应用领域	12
1.2.1 规划与建筑	12
1.2.2 工业设计与工程	14
1.2.3 娱乐	14
1.2.4 医疗	15
1.2.5 生活用品	17
1.3 3D打印的优缺点	18
1.3.1 优点	18
1.3.2 缺点	19
1.4 全球3D打印发展情况	19
1.4.1 国外3D打印发展现状	19
1.4.2 国内3D打印发展现状	20
1.4.3 展望	20
1.5 3D打印的材料选择	20
1.5.1 树脂	22
1.5.2 工业塑料	22
1.5.3 石膏	22
1.5.4 尼龙	23
1.6 3D打印的关键词	23
1.6.1 STL格式	23
1.6.2 水密	23
1.6.3 STL错误	23
1.6.4 横截面	24
1.6.5 层厚度	24
1.6.6 支撑材料	24
1.7 主流3D打印机介绍	24

## 第2章 3D打印流程

2.1 3D模型打印的要求	26
2.1.1 物体模型必须为封闭的	26
2.1.2 物体模型最大尺寸和壁厚	26
2.1.3 正确的法向	27
2.2 转换STL格式	27
2.3 启动打印机	28

2.4 安装材料盒	28
2.5 开始打印	28
2.6 冷却	28
2.7 去掉底座和支撑	29
2.8 精修模型	29

## 第3章 工业设计软件建模流程和3D打印文件输出

3.1 工业设计软件建模流程	31
3.2 3D打印文件输出	31
3.2.1 用AutoCAD软件进行格式转换	31
3.2.2 用UG软件进行格式转换	32
3.2.3 用Creo软件进行格式转换	33
3.2.4 用Solidworks软件进行格式转换	33

## 第4章 3D模型的常用建模工具

4.1 AutoCAD常用建模工具	35
4.2 UG常用建模工具	40
4.3 Creo常用建模工具	45
4.4 Solidworks常用建模工具	50
4.5 netfabb修补工具用法	55
4.5.1 下载并安装软件	55
4.5.2 导入模型	56
4.5.3 自动修复模型	57

## 第5章 Auto CAD建模&打印实战

5.1 锚形吊坠建模	60
5.1.1 操作步骤详解	60
5.1.2 输出模型	77
5.1.3 检查STL模型	77
5.1.4 打印模型	77
5.1.5 载入3D模型	78
5.1.6 摆放模型并分层设置	79
5.1.7 校准喷头高度并进行预热	80
5.1.8 打印机设置选项	81
5.1.9 开始打印模型	83
5.1.10 移除模型	84
5.1.11 移除支撑材料	84
5.2 耳机建模	85
5.2.1 操作步骤详解	85

5.2.2	输出模型	103
5.2.3	检查STL模型	103
5.2.4	打印模型	104
5.2.5	移除模型	104
5.2.6	移除支撑材料	104
<b>5.3</b>	<b>首饰建模</b>	<b>105</b>
5.3.1	操作步骤详解	105
5.3.2	输出模型	120
5.3.3	检查STL模型	121
5.3.4	打印模型	121
5.3.5	移除模型	122
5.3.6	移除支撑材料	122
<b>5.4</b>	<b>锻造工具建模</b>	<b>123</b>
5.4.1	操作步骤详解	123
5.4.2	输出模型	138
5.4.3	检查STL模型	138
5.4.4	打印模型	139
5.4.5	移除模型	139
5.4.6	移除支撑材料	139
<b>5.5</b>	<b>工业手机外壳建模</b>	<b>140</b>
5.5.1	操作步骤详解	141
5.5.2	输出模型	154
5.5.3	检查STL模型	155
5.5.4	打印模型	155
5.5.5	移除模型	156
5.5.6	移除支撑材料	156
<b>5.6</b>	<b>复古手机外壳建模</b>	<b>157</b>
5.6.1	操作步骤详解	158
5.6.2	输出模型	177
5.6.3	检查STL模型	177
5.6.4	打印模型	178
5.6.5	移除模型	178
5.6.6	移除支撑材料	179

**实用问答** 三维打印机可以打印大尺寸模型吗? 180

**技术链接** 如何减少3D打印花费? 180

**课后练习1** 制作电子设备模型 182

**课后练习2** 制作胶卷倒卷器模型 184

## 第6章 UG建模&打印实战

<b>6.1</b>	<b>笔套建模</b>	<b>188</b>
6.1.1	操作步骤详解	188
6.1.2	输出模型	202
6.1.3	检查STL模型	202
6.1.4	打印模型	203
6.1.5	移除模型	203
6.1.6	移除支撑材料	203

<b>6.2</b>	<b>口哨建模</b>	<b>204</b>
6.2.1	操作步骤详解	204
6.2.2	输出模型	220
6.2.3	检查STL模型	220
6.2.4	打印模型	221
6.2.5	移除模型	222
6.2.6	移除支撑材料	222
<b>6.3</b>	<b>玩具部件建模</b>	<b>223</b>
6.3.1	操作步骤详解	223
6.3.2	输出模型	238
6.3.3	检查STL模型	239
6.3.4	打印模型	239
6.3.5	移除模型	240
6.3.6	移除支撑材料	240
<b>6.4</b>	<b>玩具枪建模</b>	<b>241</b>
6.4.1	操作步骤详解	241
6.4.2	输出模型	266
6.4.3	检查STL模型	266
6.4.4	打印模型	267
6.4.5	移除模型	267
6.4.6	移除支撑材料	267
<b>6.5</b>	<b>椅子建模</b>	<b>268</b>
6.5.1	操作步骤详解	268
6.5.2	输出模型	283
6.5.3	检查STL模型	284
6.5.4	打印模型	284
6.5.5	移除模型	285
6.5.6	移除支撑材料	285
<b>6.6</b>	<b>桌子建模</b>	<b>286</b>
6.6.1	操作步骤详解	286
6.6.2	输出模型	302
6.6.3	检查STL模型	303
6.6.4	打印模型	303
6.6.5	移除模型	304
6.6.6	移除支撑材料	304

**实用问答** 全球3D打印行业竞争格局是怎样的? 305

**实用问答** 如何避免三维打印最小壁厚要求产生的错误 306

**课后练习1** 制作冰箱模型 306

**课后练习2** 制作坐便器模型 308

## 第7章 Creo建模&打印实战

<b>7.1</b>	<b>吧台椅建模</b>	<b>312</b>
7.1.1	操作步骤详解	312
7.1.2	输出模型	325

## 第8章 Solidworks建模&打印实战

7.1.3 检查STL模型	325
7.1.4 打印模型	325
7.1.5 移除模型	326
7.1.6 移除支撑材料	326
<b>7.2 齿轮支架建模</b>	<b>327</b>
7.2.1 操作步骤详解	327
7.2.2 输出模型	342
7.2.3 检查STL模型	343
7.2.4 打印模型	343
7.2.5 移除模型	344
7.2.6 移除支撑材料	344
<b>7.3 花盆建模</b>	<b>345</b>
7.3.1 操作步骤详解	345
7.3.2 输出模型	359
7.3.3 检查STL模型	360
7.3.4 打印模型	360
7.3.5 移除模型	361
7.3.6 移除支撑材料	361
<b>7.4 花型纽扣建模</b>	<b>362</b>
7.4.1 操作步骤详解	362
7.4.2 输出模型	374
7.4.3 检查STL模型	374
7.4.4 打印模型	375
7.4.5 移除模型	375
7.4.6 移除支撑材料	375
<b>7.5 涡轮机建模</b>	<b>376</b>
7.5.1 操作步骤详解	377
7.5.2 输出模型	390
7.5.3 检查STL模型	390
7.5.4 打印模型	390
7.5.5 移除模型	391
7.5.6 移除支撑材料	391
<b>7.6 弹簧建模</b>	<b>392</b>
7.6.1 操作步骤详解	392
7.6.2 输出模型	402
7.6.3 检查STL模型	403
7.6.4 打印模型	403
7.6.5 移除模型	403
7.6.6 移除支撑材料	403
<b>实用问答 全球3D打印行业目前有哪些商业盈利模式?</b>	<b>405</b>
<b>实用问答 3D打印照相馆的应用与盈利模式探讨</b>	<b>405</b>
<b>课后练习1 制作门模型</b>	<b>407</b>
<b>课后练习2 制作椅子模型</b>	<b>409</b>

<b>8.1 乐器架建模</b>	<b>412</b>
8.1.1 操作步骤详解	412
8.1.2 输出模型	428
8.1.3 检查STL模型	428
8.1.4 打印模型	429
8.1.5 移除模型	429
8.1.6 移除支撑材料	429
<b>8.2 乐器建模</b>	<b>431</b>
8.2.1 操作步骤详解	431
8.2.2 输出模型	446
8.2.3 检查STL模型	446
8.2.4 打印模型	447
8.2.5 移除模型	448
8.2.6 移除支撑材料	448
<b>8.3 电池收纳盒建模</b>	<b>449</b>
8.3.1 操作步骤详解	449
8.3.2 输出模型	463
8.3.3 打印模型	464
8.3.4 移除模型	464
8.3.5 移除支撑材料	464
<b>8.4 鸡蛋放置架建模</b>	<b>465</b>
8.4.1 操作步骤详解	466
8.4.2 输出模型	480
8.4.3 打印模型	480
8.4.4 移除模型	481
8.4.5 移除支撑材料	481
<b>8.5 戒指建模</b>	<b>482</b>
8.5.1 操作步骤详解	482
8.5.2 输出模型	503
8.5.3 检查STL模型	503
8.5.4 打印模型	504
8.5.5 移除模型	504
8.5.6 移除支撑材料	504
<b>8.6 螺栓建模</b>	<b>505</b>
8.6.1 操作步骤详解	506
8.6.2 输出模型	523
8.6.3 检查STL模型	523
8.6.4 打印模型	524
8.6.5 移除模型	525
8.6.6 移除支撑材料	525
<b>实用问答 购买3D打印机需要注意哪些事项?</b>	<b>526</b>
<b>技术链接 材料参数和价格对比</b>	<b>527</b>
<b>课后练习1 制作电线收纳模型</b>	<b>528</b>
<b>课后练习2 制作屏幕夹模型</b>	<b>530</b>

# 3D打印机/AutoCAD/ UG/Creo/Solidworks 产品模型制作 完全自学教程

孙劼 编著

人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

3D打印机 : AutoCAD、UG、Creo、Solidworks产品模型制作完全自学教程 / 孙劼编著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2014.7

ISBN 978-7-115-34652-0

I. ①3… II. ①孙… III. ①立体印刷—印刷术  
IV. ①TS853

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第100720号

## 内 容 提 要

3D打印是一种快速成型技术,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黏合材料,通过逐层打印的方式来构造物体的技术,通常采用数字技术材料打印机来实现。

本书基于 AutoCAD、UG、Creo (Pro/E) 和 Solidworks 软件建模,通过制作适合 3D 打印的模型和模型优化修补,最终完成 3D 打印模型。本书分理论基础和建模实战两部分,介绍了四款工业设计软件的建模技术、优化修补模型的方法以及主流 3D 打印机的使用流程,并对 3D 打印材料、3D 打印机原理进行了阐述。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。

---

◆ 编 著 孙 劼

责任编辑 杨 璐

责任印制 程彦红

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 33.25

彩插: 4

字数: 992 千字

2014 年 7 月第 1 版

印数: 1-3 500 册

2014 年 7 月北京第 1 次印刷

---

定价: 69.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315



# 前 言

3D打印是一种快速成型技术，它是一种以三维模型为样本，通过逐层打印或粉末熔铸的方式来构造物体的技术，成型材料可以选择工业塑料、金属、树脂等。过去，在模具制造、工业设计等领域，这种技术常被用于制造模型，现正逐渐用于一些产品的直接制造，已经出现使用这种技术打印而成的各类用品，如服装配件、生活用品、零件、人造骨骼、枪支、玩具、建筑物等。该技术在珠宝、鞋类、工业设计、建筑、施工、汽车，航空航天、医疗、教育、地理信息系统、土木工程等领域都有所应用。

3D打印的想法早在几十年前就已提出，只是没有能够研发成功。过去，设计师能在电脑软件中制作虚拟的三维物体，但要将这些物体用粘土、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或一夜之间被重新打印出来，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。而随着科技的不断进步，更多的东西以各种材料被打印出来。

美国和欧洲在3D打印技术的研发及推广应用方面处于领先地位。美国是全球3D打印技术和应用的领导者，欧洲十分重视对3D打印技术的研发应用。除欧美外，其他国家也在不断加强3D打印技术的研发及应用。澳大利亚在2013年制定了金属3D打印技术路线，南非正在扶持基于激光的大型3D打印机器的开发，日本也着力推动3D打印技术的推广应用。

3D打印技术在国内掀起了一股技术创新热。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。许多传统制造行业的企业也都嵌入了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。中国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打印首先会影响模具行业。即便在国内制造行业不景气的今天，模具行业仍然风景独好，一方面是对技术要求高；另一方面是市场有需求，在产品大规模生产之前，必须要进行多次打样和修改。3D打印机的出现，其实是取消了模具反复打造的流程，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，大幅减少成本投入。

本书基于AutoCAD、UG、Creo ( Pro/E ) 和Solidworks软件建模，通过制作适合3D打印的模型和模型优化修补，最终完成3D打印模型。本书分理论基础和建模实战两部分，介绍了四款工业设计软件的建模技术、优化修补模型的方法以及主流3D打印机的使用流程，并对3D打印材料、3D打印机原理进行了阐述。本书在编写过程中得到了西安电子科技工程训练中心王燕军和高永宏两位老师的大力支持，在此表示感谢！

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，错误之处在所难免，敬请广大读者谅解并批评指正。

编 者

2014年6月

# 目 录

## 第1章 3D打印概述

1.1 什么是3D打印	9
1.1.1 与普通概念打印机的不同之处	9
1.1.2 各种价位的3D打印机	10
1.1.3 3D打印成型方式	10
1.2 3D打印的应用领域	12
1.2.1 规划与建筑	12
1.2.2 工业设计与工程	14
1.2.3 娱乐	14
1.2.4 医疗	15
1.2.5 生活用品	17
1.3 3D打印的优缺点	18
1.3.1 优点	18
1.3.2 缺点	19
1.4 全球3D打印发展情况	19
1.4.1 国外3D打印发展现状	19
1.4.2 国内3D打印发展现状	20
1.4.3 展望	20
1.5 3D打印的材料选择	20
1.5.1 树脂	22
1.5.2 工业塑料	22
1.5.3 石膏	22
1.5.4 尼龙	23
1.6 3D打印的关键词	23
1.6.1 STL格式	23
1.6.2 水密	23
1.6.3 STL错误	23
1.6.4 横截面	24
1.6.5 层厚度	24
1.6.6 支撑材料	24
1.7 主流3D打印机介绍	24

## 第2章 3D打印流程

2.1 3D模型打印的要求	26
2.1.1 物体模型必须为封闭的	26
2.1.2 物体模型最大尺寸和壁厚	26
2.1.3 正确的法向	27
2.2 转换STL格式	27
2.3 启动打印机	28

2.4 安装材料盒	28
2.5 开始打印	28
2.6 冷却	28
2.7 去掉底座和支撑	29
2.8 精修模型	29

## 第3章 工业设计软件建模流程和3D打印文件输出

3.1 工业设计软件建模流程	31
3.2 3D打印文件输出	31
3.2.1 用AutoCAD软件进行格式转换	31
3.2.2 用UG软件进行格式转换	32
3.2.3 用Creo软件进行格式转换	33
3.2.4 用Solidworks软件进行格式转换	33

## 第4章 3D模型的常用建模工具

4.1 AutoCAD常用建模工具	35
4.2 UG常用建模工具	40
4.3 Creo常用建模工具	45
4.4 Solidworks常用建模工具	50
4.5 netfabb修补工具用法	55
4.5.1 下载并安装软件	55
4.5.2 导入模型	56
4.5.3 自动修复模型	57

## 第5章 Auto CAD建模&打印实战

5.1 锚形吊坠建模	60
5.1.1 操作步骤详解	60
5.1.2 输出模型	77
5.1.3 检查STL模型	77
5.1.4 打印模型	77
5.1.5 载入3D模型	78
5.1.6 摆放模型并分层设置	79
5.1.7 校准喷头高度并进行预热	80
5.1.8 打印机设置选项	81
5.1.9 开始打印模型	83
5.1.10 移除模型	84
5.1.11 移除支撑材料	84
5.2 耳机建模	85
5.2.1 操作步骤详解	85

5.2.2	输出模型	103
5.2.3	检查STL模型	103
5.2.4	打印模型	104
5.2.5	移除模型	104
5.2.6	移除支撑材料	104
<b>5.3</b>	<b>首饰建模</b>	<b>105</b>
5.3.1	操作步骤详解	105
5.3.2	输出模型	120
5.3.3	检查STL模型	121
5.3.4	打印模型	121
5.3.5	移除模型	122
5.3.6	移除支撑材料	122
<b>5.4</b>	<b>锻造工具建模</b>	<b>123</b>
5.4.1	操作步骤详解	123
5.4.2	输出模型	138
5.4.3	检查STL模型	138
5.4.4	打印模型	139
5.4.5	移除模型	139
5.4.6	移除支撑材料	139
<b>5.5</b>	<b>工业手机外壳建模</b>	<b>140</b>
5.5.1	操作步骤详解	141
5.5.2	输出模型	154
5.5.3	检查STL模型	155
5.5.4	打印模型	155
5.5.5	移除模型	156
5.5.6	移除支撑材料	156
<b>5.6</b>	<b>复古手机外壳建模</b>	<b>157</b>
5.6.1	操作步骤详解	158
5.6.2	输出模型	177
5.6.3	检查STL模型	177
5.6.4	打印模型	178
5.6.5	移除模型	178
5.6.6	移除支撑材料	179

**实用问答** 三维打印机可以打印大尺寸模型吗? 180

**技术链接** 如何减少3D打印花费? 180

**课后练习1** 制作电子设备模型 182

**课后练习2** 制作胶卷倒卷器模型 184

## 第6章 UG建模&打印实战

<b>6.1</b>	<b>笔套建模</b>	<b>188</b>
6.1.1	操作步骤详解	188
6.1.2	输出模型	202
6.1.3	检查STL模型	202
6.1.4	打印模型	203
6.1.5	移除模型	203
6.1.6	移除支撑材料	203

<b>6.2</b>	<b>口哨建模</b>	<b>204</b>
6.2.1	操作步骤详解	204
6.2.2	输出模型	220
6.2.3	检查STL模型	220
6.2.4	打印模型	221
6.2.5	移除模型	222
6.2.6	移除支撑材料	222
<b>6.3</b>	<b>玩具部件建模</b>	<b>223</b>
6.3.1	操作步骤详解	223
6.3.2	输出模型	238
6.3.3	检查STL模型	239
6.3.4	打印模型	239
6.3.5	移除模型	240
6.3.6	移除支撑材料	240
<b>6.4</b>	<b>玩具枪建模</b>	<b>241</b>
6.4.1	操作步骤详解	241
6.4.2	输出模型	266
6.4.3	检查STL模型	266
6.4.4	打印模型	267
6.4.5	移除模型	267
6.4.6	移除支撑材料	267
<b>6.5</b>	<b>椅子建模</b>	<b>268</b>
6.5.1	操作步骤详解	268
6.5.2	输出模型	283
6.5.3	检查STL模型	284
6.5.4	打印模型	284
6.5.5	移除模型	285
6.5.6	移除支撑材料	285
<b>6.6</b>	<b>桌子建模</b>	<b>286</b>
6.6.1	操作步骤详解	286
6.6.2	输出模型	302
6.6.3	检查STL模型	303
6.6.4	打印模型	303
6.6.5	移除模型	304
6.6.6	移除支撑材料	304

**实用问答** 全球3D打印行业竞争格局是怎样的? 305

**实用问答** 如何避免三维打印最小壁厚要求产生的错误 306

**课后练习1** 制作冰箱模型 306

**课后练习2** 制作坐便器模型 308

## 第7章 Creo建模&打印实战

<b>7.1</b>	<b>吧台椅建模</b>	<b>312</b>
7.1.1	操作步骤详解	312
7.1.2	输出模型	325

## 第8章 Solidworks建模&打印实战

7.1.3 检查STL模型	325
7.1.4 打印模型	325
7.1.5 移除模型	326
7.1.6 移除支撑材料	326
<b>7.2 齿轮支架建模</b>	<b>327</b>
7.2.1 操作步骤详解	327
7.2.2 输出模型	342
7.2.3 检查STL模型	343
7.2.4 打印模型	343
7.2.5 移除模型	344
7.2.6 移除支撑材料	344
<b>7.3 花盆建模</b>	<b>345</b>
7.3.1 操作步骤详解	345
7.3.2 输出模型	359
7.3.3 检查STL模型	360
7.3.4 打印模型	360
7.3.5 移除模型	361
7.3.6 移除支撑材料	361
<b>7.4 花型纽扣建模</b>	<b>362</b>
7.4.1 操作步骤详解	362
7.4.2 输出模型	374
7.4.3 检查STL模型	374
7.4.4 打印模型	375
7.4.5 移除模型	375
7.4.6 移除支撑材料	375
<b>7.5 涡轮机建模</b>	<b>376</b>
7.5.1 操作步骤详解	377
7.5.2 输出模型	390
7.5.3 检查STL模型	390
7.5.4 打印模型	390
7.5.5 移除模型	391
7.5.6 移除支撑材料	391
<b>7.6 弹簧建模</b>	<b>392</b>
7.6.1 操作步骤详解	392
7.6.2 输出模型	402
7.6.3 检查STL模型	403
7.6.4 打印模型	403
7.6.5 移除模型	403
7.6.6 移除支撑材料	403
<b>实用问答 全球3D打印行业目前有哪些商业盈利模式?</b>	<b>405</b>
<b>实用问答 3D打印照相馆的应用与盈利模式探讨</b>	<b>405</b>
<b>课后练习1 制作门模型</b>	<b>407</b>
<b>课后练习2 制作椅子模型</b>	<b>409</b>

<b>8.1 乐器架建模</b>	<b>412</b>
8.1.1 操作步骤详解	412
8.1.2 输出模型	428
8.1.3 检查STL模型	428
8.1.4 打印模型	429
8.1.5 移除模型	429
8.1.6 移除支撑材料	429
<b>8.2 乐器建模</b>	<b>431</b>
8.2.1 操作步骤详解	431
8.2.2 输出模型	446
8.2.3 检查STL模型	446
8.2.4 打印模型	447
8.2.5 移除模型	448
8.2.6 移除支撑材料	448
<b>8.3 电池收纳盒建模</b>	<b>449</b>
8.3.1 操作步骤详解	449
8.3.2 输出模型	463
8.3.3 打印模型	464
8.3.4 移除模型	464
8.3.5 移除支撑材料	464
<b>8.4 鸡蛋放置架建模</b>	<b>465</b>
8.4.1 操作步骤详解	466
8.4.2 输出模型	480
8.4.3 打印模型	480
8.4.4 移除模型	481
8.4.5 移除支撑材料	481
<b>8.5 戒指建模</b>	<b>482</b>
8.5.1 操作步骤详解	482
8.5.2 输出模型	503
8.5.3 检查STL模型	503
8.5.4 打印模型	504
8.5.5 移除模型	504
8.5.6 移除支撑材料	504
<b>8.6 螺栓建模</b>	<b>505</b>
8.6.1 操作步骤详解	506
8.6.2 输出模型	523
8.6.3 检查STL模型	523
8.6.4 打印模型	524
8.6.5 移除模型	525
8.6.6 移除支撑材料	525
<b>实用问答 购买3D打印机需要注意哪些事项?</b>	<b>526</b>
<b>技术链接 材料参数和价格对比</b>	<b>527</b>
<b>课后练习1 制作电线收纳模型</b>	<b>528</b>
<b>课后练习2 制作屏幕夹模型</b>	<b>530</b>

# 01

## 3D打印概述

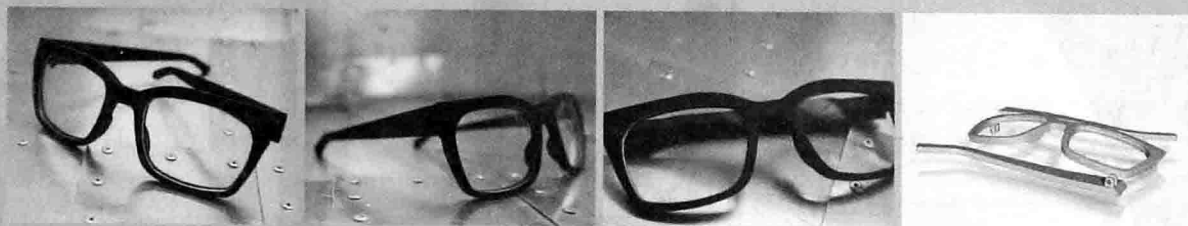
3D打印(3D Printing)是一种快速成型技术,它是一种以数字模型文件为基础,运用粉末状金属或塑料等可黏合材料,通过逐层打印的方式来构造物体的技术。3D打印通常是采用数字技术材料打印机来实现的。过去,在模具制造、工业设计等领域,这种技术常被用于制造模型,现正逐渐用于一些产品的直接制造,已经出现使用这种技术打印而成的零部件。该技术在珠宝、鞋类、工业设计、建筑、工程和施工(AEC)、汽车,航空航天、牙科和医疗产业、教育、地理信息系统、土木工程以及其他领域都有所应用。

图1.1.1所示为3D打印在各个领域的应用范例。

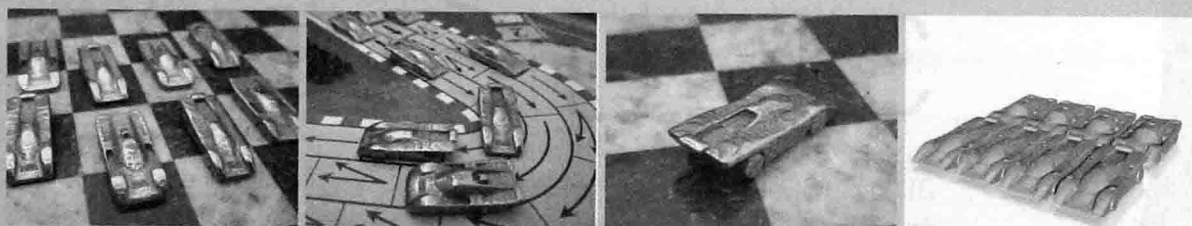
3D打印欣赏



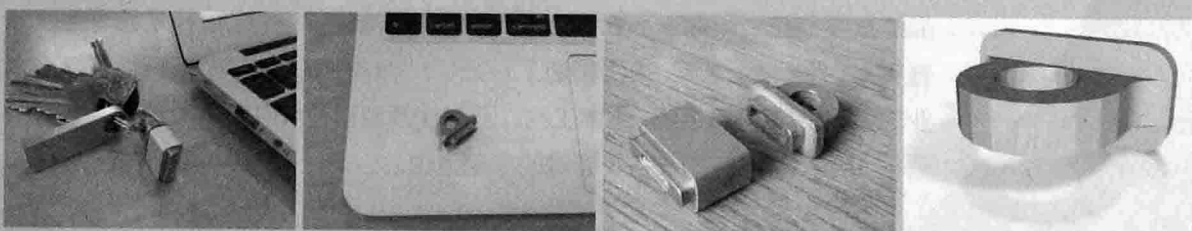
工艺品



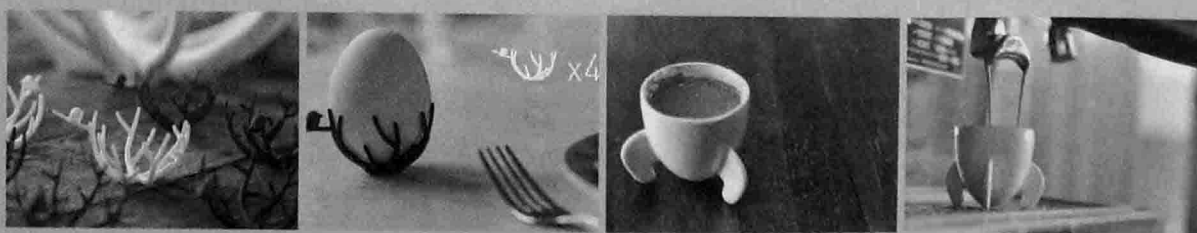
眼睛框



玩具



钥匙扣



生活用品

图1.1.1

## 1.1 什么是3D打印

3D打印的想法早在几十年前就已提出，只是没有能够研发成功。设计师能在电脑软件中看到虚拟的三维物体，但要将这些物体用黏土、木头或是金属做成模型却非常不易，可以用费时费力费钱来形容。3D打印的出现，使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或一夜之间被重新打印出来，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。而随着科技的不断进步，更多的东西以成品的形式被打印出来，人们才发现原来还可以这么玩。

### 1.1.1 与普通概念打印机的不同之处

在日常生活中，我们所使用的普通打印机可以打印电脑设计的平面图形（见图1.1.2），而顾名思义，3D打印机则可以打印立体的物体（见图1.1.3）。3D打印机与普通打印机的工作原理基本相同，只是所用的打印材料是真实的物体材料。



图1.1.2 普通打印机

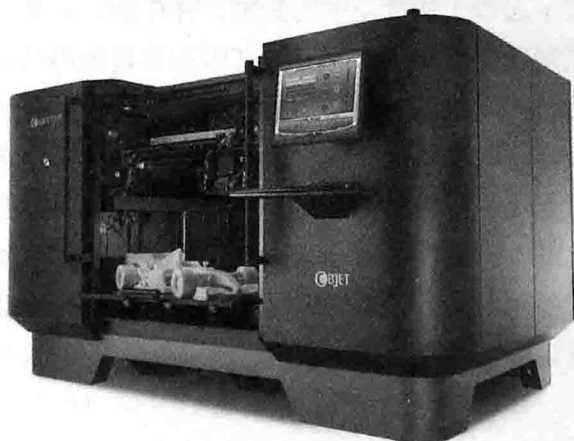


图1.1.3 3D打印机

普通打印机的打印材料是墨水和纸张，而3D打印机材料盒内装有塑料、尼龙、玻璃、金属、陶瓷、石膏等不同的“打印材料”，是实实在在的原材料。打印机与电脑连接后，通过电脑控制可以把“打印材料”一层层叠加起来，最终把电脑上的蓝图变成实物（见图1.1.4）。



一卷打印用ABS工业塑料耗材



打印出来的3D模型

图1.1.4

通俗地说，3D打印机是可以“打印”出真实3D物体的一种设备，比如打印一个玩具人偶、玩具手枪、各种生活用品，甚至是巧克力。之所以通俗地称其为“打印机”，是因为这项技术参照了普通打印机的技术原理，分层加工的过程与喷墨打印十分相似，所以这项打印技术被称为3D立体打印技术。图1.1.5所示为美国CONNEX500多材料3D打印机。



图1.1.5 CONNEX500多材料3D打印机

### 1.1.2 各种价位的3D打印机

3D打印概念并非是最初才提出来的，这个技术最早起源于19世纪末的美国，并在20世纪80年代初期得以发展和推广。三维打印通常是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世纪以来就已经获得极大的增长，其价格也正逐年下降，目前便宜的3D打印机价格在2000~3000元人民币（图1.1.6所示为国产极光打印机，价格为3000多元人民币），高级的激光3D打印机价格非常昂贵，动辄几百万美金。

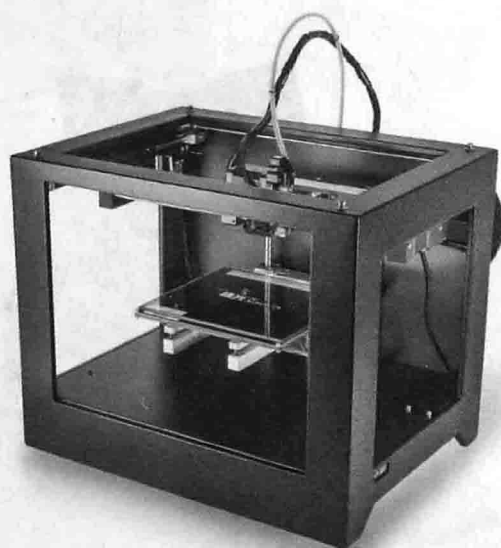


图1.1.6 国产机光打印机

### 1.1.3 3D打印成型方式

使用普通打印机打印一张照片，按下电脑屏幕上的“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的照片。而使用3D打印时，先通过CAD电脑辅助设计软件制作一个3D模型，然后对其进行切片分析，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（见图1.1.7），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。



图1.1.7 堆叠打印的过程



堆叠薄层的形式多种多样，有些3D打印机使用“喷墨”的方式。例如，一家名为Objet的以色列3D打印机公司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，然后此涂层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。另外一家总部位于美国明尼阿波利斯市的公司Stratasys使用一种叫作“熔积成型”的技术，整个流程是在喷头内熔化塑料，然后通过沉积塑料纤维的方式形成薄层，容积成型技术适合那种做支撑太浪费材料的打印工作，图1.1.8所示为使用沉积成型技术打印的模型。

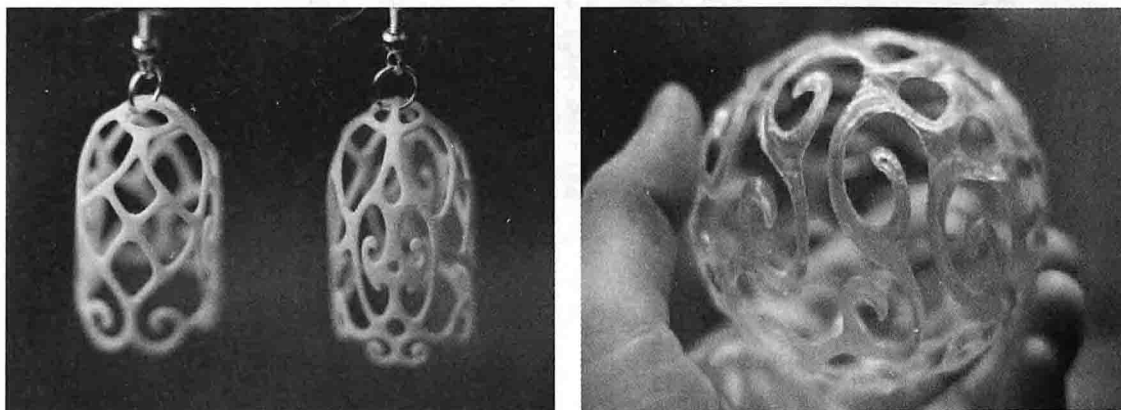


图1.1.8

还有一些系统使用粉末微粒作为打印介质。粉末微粒被喷撒在铸模托盘上形成一层极薄的粉末层，然后由喷出的液态粘合剂进行固化。它也可以使用一种叫作“激光烧结”的技术熔铸成指定形状。这也正是德国EOS公司在其叠加工工艺制造机上使用的技术。而瑞士的Arcam公司则是利用真空中的电子流熔化粉末微粒。以上提到的这些仅仅是许多成型方式中的一部分。

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。如今可用于打印的介质种类多样，从繁多的塑料到金属、陶瓷以及橡胶类物质。有些打印机还能结合不同介质，令打印出来的物体一头坚硬而另一头柔软。图1.1.9所示是一个用尼龙材料打印出来的玩具。

科学家们正在利用3D打印机制造诸如皮肤、肌肉和血管片段等简单的活体组织，很有可能将来有一天能够制造出像肾脏、肝脏甚至心脏这样的大型人体器官。如果生物打印机能够使用病人自身的干细胞，那么器官移植后的排异反应将会减少。图1.1.10所示为科学家打印出来的人造耳朵器官。

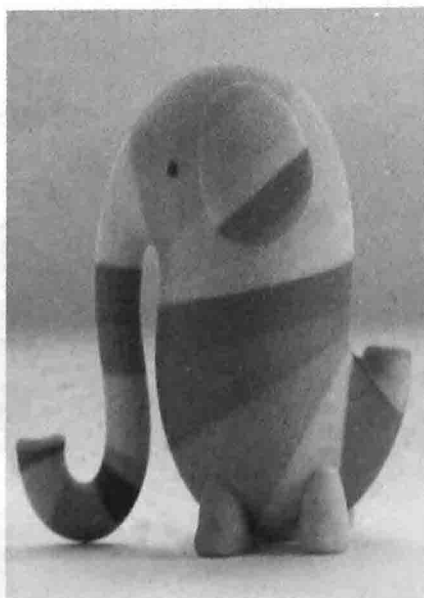


图1.1.9

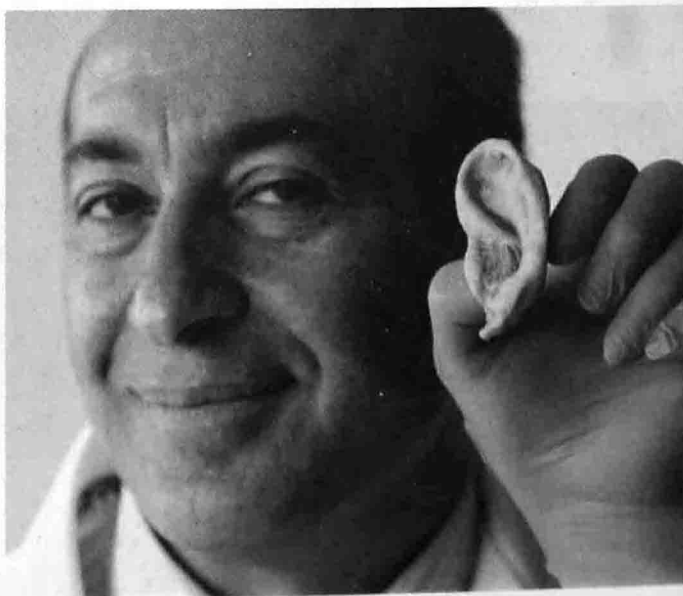


图1.1.10