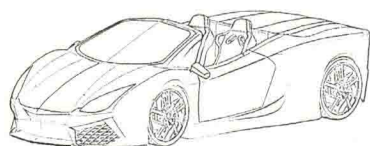


“大众创业，万众创新”成为时代潮流
“创客文化”“创客教育”掀起创新潮流
零基础、零门槛学会3D打印不是梦



3D建模 与 3D打印 技术应用

黄文恺 朱静 / 编著

将3D打印融入你的生活
你，就是下一个“创客”！



SPM

南方出版传媒

全国优秀出版社 广东教育出版社
全国百佳图书出版单位

3D建模 与 3D打印 技术应用

黄文恺 朱静 / 编著

SPM

南方出版传媒

全国优秀出版社
全国百佳图书出版单位



广东教育出版社

· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

3D建模与3D打印技术应用 / 黄文恺, 朱静编著. —
广州: 广东教育出版社, 2016. 5

ISBN 978-7-5548-1098-9

I. ①3… II. ①黄… ②朱… III. ①立体印刷—
印刷术—基本知识 IV. ①TS853

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第088297号

责任编辑: 陈定天 蚁思妍 田 晓 高 斯

责任技编: 姚健燕

装帧设计: 友间文化

3D建模与3D打印技术应用

3D JIANMO YU 3D DAYIN JISHU YINGYONG

广东教育出版社出版发行

(广州市环市东路472号12-15楼)

邮政编码: 510075

网址: <http://www.gjs.cn>

广东新华发行集团股份有限公司经销

广东信源彩色印务有限公司印刷

(广州市番禺区南村镇南村村东兴工业园)

787毫米×1092毫米 16开本 15印张 230 000字

2016年5月第1版 2016年5月第1次印刷

ISBN 978-7-5548-1098-9

定价: 60.00元

质量监督电话: 020-87613102 邮箱: gis-quality@gdpg.com.cn

购书咨询电话: 020-87615809

目 录

C o n t e n t s

上编 3D建模篇

1

第1章 3D建模概述 / 3

1.1 3D建模软件发展情况 / 3

1.1.1 何为3D建模 / 3

1.1.2 3D建模软件发展概述 / 4

1.2 3D模型的主流建模软件 / 6

1.2.1 3D建模软件之SolidWorks / 6

1.2.2 3D建模软件之AutoCAD / 8

1.2.3 3D建模软件之Pro/Engineer / 9

1.2.4 3D建模软件之UG / 10

1.2.5 3D建模软件之3ds Max / 12

1.3 3D模型软件建模流程 / 13

第2章 3D绘图基础 / 15

2.1 初识SolidWorks / 15

2.1.1 SolidWorks简介 / 15

2.1.2 软件界面简介 / 16

- 2.2 绘制草图与创建实体 / 18
 - 2.2.1 如何建立模型 / 18
 - 2.2.2 绘制草图 / 19
 - 2.2.3 剪裁工具 / 20
 - 2.2.4 定义草图 / 21
 - 2.2.5 草图状态 / 22
 - 2.2.6 草图实例与练习 / 24
- 2.3 创建基准面 / 25
- 2.4 创建特征 / 26
 - 2.4.1 步骤 / 26
 - 2.4.2 拉伸凸台与拉伸切除 / 26
 - 2.4.3 旋转特征 / 27
 - 2.4.4 扫描特征 / 29
 - 2.4.5 放样与放样切割 / 30

第3章 SolidWorks建模方法讲解与实战训练 / 31

- 3.1 飞镖建模方法及其步骤 / 31
 - 3.1.1 飞镖基体绘制 / 32
 - 3.1.2 绘制倒角 / 38
- 3.2 法兰模型建模方法及其步骤 / 39
 - 3.2.1 对“底板”进行建模 / 39
 - 3.2.2 对“法兰体”进行建模 / 42
 - 3.2.3 对“法兰耳”进行建模 / 51
- 3.3 机座建模方法及其步骤 / 54
 - 3.3.1 对“中间筒”进行建模 / 55
 - 3.3.2 对“中间套筒耳”进行建模 / 60
 - 3.3.3 对“支撑筒壁”建模 / 65
 - 3.3.4 对“底座”建模 / 68
 - 3.3.5 对“加强筋板”建模 / 73

- 3.3.6 对“连接曲管”进行建模 / 76
- 3.3.7 对“套筒”进行建模 / 82
- 3.3.8 对“V”型漏斗进行建模 / 84

第4章 3D打印建模应用实例 / 92

- 4.1 物理教具——滑轮 / 92
 - 4.1.1 教具简介 / 92
 - 4.1.2 滑轮的绘制 / 93
- 4.2 化学教具——甲烷分子 / 100
 - 4.2.1 教具简介 / 100
 - 4.2.2 甲烷分子的绘制 / 100
- 4.3 生物教具——tRNA及密码子的制作 / 107
 - 4.3.1 基因指导蛋白质的合成 / 107
 - 4.3.2 tRNA的绘制 / 108
 - 4.3.3 密码子及反密码子的绘制 / 121
- 4.4 数学教具——圆锥体积公式的推导 / 131
 - 4.4.1 教具的简介 / 131
 - 4.4.2 圆柱的绘制 / 131
 - 4.4.3 圆锥的绘制 / 134

第5章 3D打印技术概述 / 139

- 5.1 何为3D打印 / 139
- 5.2 3D打印技术的应用领域 / 140
- 5.3 3D打印流程 / 143
 - 5.3.1 3D模型打印的要求 / 143
 - 5.3.2 转换STL文件 / 144
 - 5.3.3 启动打印机 / 144

- 5.3.4 安装材料盒 / 144
- 5.3.5 开始打印 / 144
- 5.3.6 冷却 / 145
- 5.3.7 去掉底座和支撑 / 145
- 5.3.8 精修模型 / 145
- 5.4 3D打印的特点与优势 / 145
- 5.5 全球3D打印发展情况 / 147

第6章 3D打印技术类型及主流3D打印机简介 / 148

- 6.1 3D打印技术类型 / 148
 - 6.1.1 熔融沉积打印技术 (FDM) / 148
 - 6.1.2 光固化打印技术 (SLA) / 149
 - 6.1.3 选择性激光烧结打印技术 (SLS) / 150
 - 6.1.4 粉末黏合打印技术 (3DP) / 151
 - 6.1.5 分层实体制造技术 (LOM) / 151
 - 6.1.6 直接金属激光烧结技术 (DMLS) / 152
- 6.2 3D打印的材料选择 / 153
 - 6.2.1 PLA材料 / 153
 - 6.2.2 工程塑料 / 154
 - 6.2.3 金属粉末 / 155
 - 6.2.4 尼龙 / 155
 - 6.2.5 树脂 / 155
 - 6.2.6 石膏 / 156
- 6.3 主流3D打印机简介 / 157
 - 6.3.1 基于FDM成型技术的3D打印机 / 157
 - 6.3.2 基于SLA成型技术的3D打印机 / 158
 - 6.3.3 基于SLS成型技术的3D打印机 / 159
 - 6.3.4 基于3DP成型技术的3D打印机 / 161

第7章	FDM技术3D打印机的使用与维护	/ 162
7.1	3D打印机的组成及打印步骤	/ 162
7.1.1	3D打印机基本组成	/ 162
7.1.2	3D打印机操作主要步骤	/ 163
7.2	3D打印软件的安装与使用	/ 164
7.2.1	3D打印软件安装	/ 164
7.2.2	3D打印软件的使用	/ 167
7.3	3D打印机的使用	/ 177
7.3.1	打印操作	/ 177
7.3.2	进料	/ 179
7.3.3	换料	/ 179
7.3.4	打印平台的调平	/ 181
7.4	3D打印机的维护以及注意事项	/ 182
7.4.1	机器温度设定	/ 182
7.4.2	打印移位或打印出界	/ 183
7.4.3	出料出现小气泡	/ 183
7.4.4	日常使用注意事项	/ 184
第8章	SLA技术3D打印机的使用与维护	/ 185
8.1	3D打印机的组成及打印步骤	/ 185
8.1.1	3D打印机基本组成	/ 185
8.1.2	3D打印机操作主要步骤	/ 186
8.2	3D打印软件的安装与使用	/ 186
8.2.1	3D打印软件安装与机型配置	/ 186
8.2.2	3D打印软件的使用	/ 192
8.3	3D打印机的使用	/ 203
8.3.1	打印操作	/ 203
8.3.2	加注材料	/ 204

8.4 3D打印机的维护以及注意事项 / 204

8.4.1 使用环境 / 204

8.4.2 3D打印机无法进行打印 / 205

8.4.3 日常使用注意事项 / 205

第9章 3D打印质量的优化 / 206

9.1 浅谈3D打印的误差分析 / 206

9.1.1 模型前期数据处理误差分析 / 206

9.1.2 成型加工误差 / 208

9.1.3 成型过程中的误差 / 209

9.1.4 参数设置对精度的误差影响 / 209

9.1.5 后处理产生的误差 / 210

9.2 软件参数设置对打印质量的影响 / 211

9.2.1 Device Settings (设备设置) / 211

9.2.2 Extrusion Speeds (挤出速度) / 216

9.2.3 Infill (填充) / 217

9.2.4 Model Properties (模型属性) / 219

9.2.5 Raft (筏平台附着类型) / 221

9.2.6 Supports and Bridging (支撑和桥接) / 222

9.2.7 Right Extruder (右挤出机参数) / 222

9.3 摆放形式对打印质量的影响 / 222

9.3.1 摆放形式分析 / 223

9.3.2 打印支撑对打印质量的影响 / 224

9.3.3 细长部件打印方法与温度分析 / 225

9.3.4 薄壁模型的打印要求 / 226

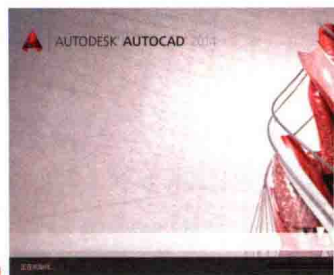
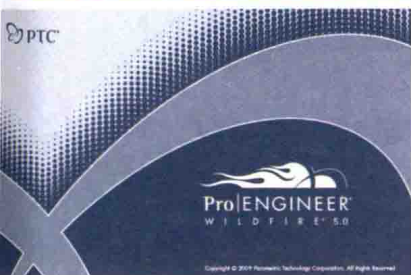
9.3.5 按受力要求的模型摆放形式 / 227

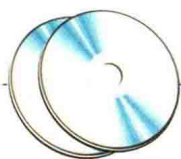
9.3.6 摆放方式对特殊圆孔的影响 / 228

9.3.7 设计方式决定是否需要打印支撑 / 229

上编

3D建模篇





第1章

3D建模概述

1.1 3D建模软件发展情况

1.1.1 何为3D建模

我们生活在一个三维的现实世界中，三维世界是立体的、真实的。同时，我们又处于一个信息化的时代里，信息化时代是以计算机和数字化为表征的。随着计算机在各行各业的广泛应用，人们开始不满足于计算机仅能显示二维的图像，更希望计算机能表达出具有强烈真实感的现实三维世界。而3D建模正是基于此，并借助计算机实现这一需求。所谓3D建模，就是利用三维软件，将现实中的三维物体或场景在计算机中进行重建，最终实现在计算机上模拟出真实的三维物体或场景。这一过程中生成的三维数据就是使用各种三维数据采集仪或软件生成获得的数据，它记录了有限体表面在离散点上的各种物理参量。

三维模型包括的最基本的信息是物体各离散点的三维坐标，其他的可以包括物体表面的颜色、透明度、纹理特征等。3D建模在机械设计、建筑设计、医用图像、文物保护、三维动画游戏、电影特技制作等领域起着重要的作用。一个三维模型的建立过程包括三维初始数据的获取，对初始数据进行诸如去除噪声点、简化等处理，按照不同的方式组织三维数据，最终实现在计算机中绘制出具有三维特征的模型。本章将概述3D建模软件的发展状况，

并着重介绍目前应用最为广泛的几款3D建模软件，同时列出一般3D软件的建模流程。

1.1.2 3D建模软件发展概述

CAD（计算机辅助设计）是指利用计算机强大的图形处理能力和数值计算能力，辅助工程技术人员完成工程或产品的设计和分析的一种技术。自1950年诞生以来，CAD已广泛应用于机械、电子、建筑、化工、航空航天以及能源交通等相关领域。随着计算机技术的快速发展，工业设计的计算机化达到了相当高的水平。通过计算机进行数据分析、建立模型、导入生产系统等，计算机技术在人类生活和生产的重要环节中，产生越来越广泛的影响，并由此引发的新思想正逐渐渗透于工业设计学科领域中。在产品设计的计算机表达中，主要倾向于对产品的形态、色彩、材料等设计要素的模拟，是当今社会起主导作用的设计方式。

传统的设计方法是通过二维形式表达后，再制作成实体模型，然后根据模型的效果进行改进，再制作成工程图用于生产，这样从二维形式表达到制作模型的过程当中，人为的误差是相当大的，在绘制工程图纸时设计师对优化方面的考虑需要通过详尽的计算和分析才能做出正确的判别，有时候往往困难而退。而计算机辅助设计的介入，使我们真正地实现了三维立体化设计，产品的任何细节在计算机中都能详尽地展现给设计师，并能在任意角度和位置进行调整，在形态、色彩、肌理、比例、尺度等方面都可以作适时的变动。在生产前的设计绘图中，计算机可以针对所建立的三维模型进行优化结构设计，大大地节省了设计的时间和精力，而且更具有准确性。

3D打印是全新的领域，同样3D设计的领域也非常广泛，主要有建模、渲染、动画等多个方面。随着产品设计效率的飞速提高，现已将计算机辅助制造技术和产品数据管理技术、计算机集成制造系统及计算机辅助测试融于一体。CAD三维建模技术至今已经历了线框模型、表面模型、实体模型，以及快速发展中的特征建模、行为建模方法等几个阶段。

线框模型是指用多边形线框来描述三维形体的轮廓得到的模型。表面模型是指用有序连接的棱边围成的有限区域来定义立体的表面，再由表面的集合来定义立体所得到的三维模型。表面模型是在线框造型的基础上发展起来的，它

的产生应归因于航空业与汽车业的迅猛发展。随着技术的进步,计算机辅助工程分析(CAE)的需求日益高涨,CAE要求能获得形体的完整信息,而线框和表面模型对形体的表述都不完整。在此背景下,实体模型技术产生在20世纪60年代末,商用化始于1979年,SDRC推出了世界上第一个完全基于实体模型技术的CAD/CAE/CAM一体化的软件I-DEAS。

实体模型技术与线框模型相比,增加了实体存在侧的明确定义,给出了表面间的相互关系等拓扑信息,因而能够精确表达零件的全部属性,有助于统一CAD、CAM、CAE的模型表达,在设计和加工上可以减少数据的损失,保持数据的完整性。实体模型常用的表示形式有:构造的实体几何(CSG)表示、边界(B-Rep)表示和扫描表示。

实体模型技术的优点:(1)确定了表面的方向性;(2)可定义材料的物理性能等简单参数;(3)是几何和拓扑意义上信息最为完备的模型;(4)一般实体模型均定义为有效的正则实体。实体模型技术存在的不足:(1)产品定义不完整,模型仅仅能定义产品的几何形状和拓扑关系,许多其他重要信息如公差与精度、材料性质、工艺与装配要求等不包括在模型中;(2)数据的抽象层次低,实体主要是几何概念,设计制造中的工程语义,如键槽、中心孔、装配关系等均不能表达;(3)支持产品设计、制造的程度较差,如设计模型修改的效率低,设计信息的跟随性差等。

20世纪80年代后期,CIMS(计算机集成制造系统)技术得到了长足发展,这就要求传统的造型系统除了满足自身信息的完备性之外,还必须为其他系统,如CAPP、PDM、ERP、CAM等提供反映设计人员意图的非几何信息,如公差、材料等。前面的三种造型方法都是从几何的角度出发,而对于非几何信息,如尺寸、材料、公差、工艺、成本等则没有反映,因而实体的信息是不完整的。在这种需求的推动下,出现了特征建模技术。

特征(feature):客观事物特点的表征,是具有特定语义的信息单元。特征技术:适合于为集成化、智能化、网络化的现代设计方法和先进制造技术提供共享信息的模型理论和技术。特征建模:基于特征理论和技术CAD模型建造技术。特征模型:以特征为信息单元定义的CAD模型。特征反映了产品零件特点的、可按一定原则加以分类的产品描述信息,将特征引入几何造

型系统的目的是增加几何实体的工程意义，为各种工程应用提供更丰富的信息，基于特征的造型把特征作为零件定义的基本单元，将零件描述为特征的集合。

行为建模技术是比基于特征的参数化建模更为先进的一种实体建模技术。它在设计产品时，综合考虑所要求的功能行为、设计背景和几何图形。采用知识捕捉和迭代求解的智能化方法，使工程师可以面对不断变化的要求，追求高度创新的、能满足行为和完美性要求的设计。该技术具有高度集成、高度智能的特点，其强大功能主要体现在三个方面：（1）智能模型。能捕捉设计信息和过程信息以及定义一件产品所需要的各种工程规范。（2）目标驱动式设计。能优化每件产品的设计，以满足使用自适应过程特征从智能模型中捕捉的多个目标和需求变化，并可解决相互冲突的目标问题。（3）开放式可扩展环境。行为建模技术的第三大支柱，提供了无缝工程设计功能，能保证产品不会丢失设计意图。行为建模技术所创建的智能化产品模型具有关联、基于特征、参数化的特点，通用的再生机制又使得关联性贯穿于整个设计流程。

接下来我们将主要介绍现在被广泛推荐的几款3D建模软件，结合各软件的应用领域与技术优势，供各位读者选择参考。

1.2 3D模型的主流建模软件

近年来，各种三维建模软件在国内得到广泛应用，国内在三维软件方面的研发也日益成熟。随着3D技术的蓬勃发展，面向各种需求的、五花八门的3D建模软件纷纷进入我们的生活。接下来的这一章节将着重介绍目前应用最为广泛的几款3D建模软件，并详细分析其特点，以供读者参考选用。

1.2.1 3D建模软件之SolidWorks

SolidWorks为达索系统（Dassault Systemes S.A）下的子公司，专门负责研发与销售机械设计软件的视窗产品。三维设计软件现在有很多，而SolidWorks软件是世界上第一个基于Windows开发的三维CAD系统，由于技术创新符合CAD技术的发展潮流和趋势，因此目前用得最多的就是SolidWorks软件。

SolidWorks有功能强大、易学易用和技术创新三大特点，这使得SolidWorks

成为领先的、主流的三维CAD解决方案。SolidWorks能够提供不同的设计方案、减少设计过程中的错误以及提高产品质量。SolidWorks软件具有丰富的功能组件，操作简单方便、易学易用，在设计人群中使用率非常高。如图1-1为SolidWorks 2014的启动界面。

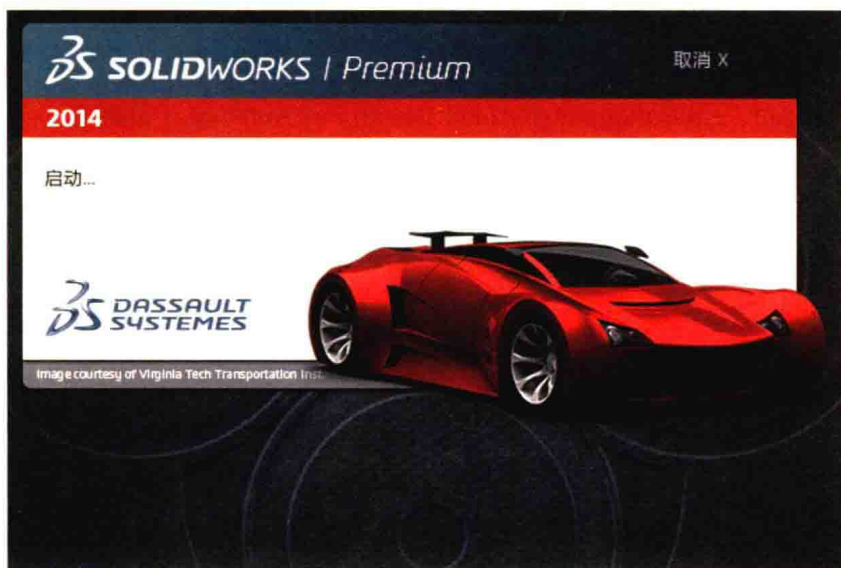


图1-1 SolidWorks 2014启动界面

SolidWorks软件的优势在于SolidWorks是基于Windows平台的全参数化特征造型软件，它可以十分方便地实现复杂的三维零件实体造型、复杂装配和生成工程图。包括了零件模块、曲面模块、钣金模块和模型渲染等主要模块，图形界面友好，用户上手快。在进行一些较为简单的模型建模时相比其他设计软件步骤要更为简单，设计同样的模型效果，使用SolidWorks软件建模时间更快，步骤更少，这也是为什么众多的设计者都在使用SolidWorks软件进行建模的原因。

此款设计软件在低端设计领域的优势不言而喻，但也存在一些较大的缺点，例如在一些高级曲面设计领域，此款软件就显得有心无力了。另外SolidWorks软件最大的一个缺点就是它对硬件的要求非常高，当设计的模型文件较大时会导致软件的崩溃或者系统的崩溃，严重时甚至导致电脑死机。因此SolidWorks软件主要应用于中低端产业设计领域。

主要应用领域:

- 机械设计领域
- 中低端工业设计领域
- 家电产品设计领域
- 高校课堂教学

1.2.2 3D建模软件之AutoCAD

AutoCAD (Auto Computer Aided Design) 是Autodesk (欧特克) 公司首次于1982年开发的自动计算机辅助设计软件, 用于二维绘图、详细绘制、设计文档和基本三维设计。现已经成为国际上广为流行的绘图工具。AutoCAD具有友好的用户界面, 通过交互菜单或命令行方式便可以进行各种操作。它的多文档设计环境, 让非计算机专业人员也能很快地学会使用。

AutoCAD软件主要特点在于其具有完善的图形绘制功能和有强大的图形编辑功能。另外还可以采用多种方式进行二次开发或用户定制, 可以进行多种图形格式的转换, 具有较强的数据交换能力; 并且支持多种硬件设备、支持多种操作系统, 具有通用性、易用性, 适用于各类用户。此外, 从AutoCAD2000开始, 该系统又增添了许多强大的功能, 如AutoCAD设计中心 (ADC)、多文档设计环境 (MDE)、Internet驱动、新的对象捕捉功能、增强的标注功能以及局部打开和局部加载的功能。如图1-2为AutoCAD2014的启动界面。

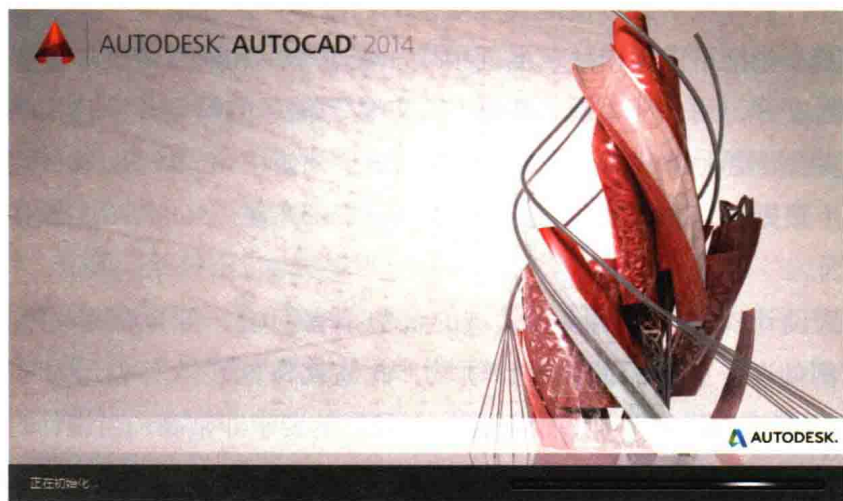


图1-2 AutoCAD 2014启动界面