

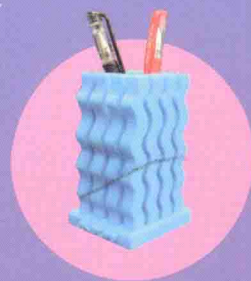


创客
教育

中小学创客教育执委会推荐教材

威盛中国芯 htc 成长数字营 创新课堂推荐辅导用书
中国儿童青少年计算机表演赛推荐辅导用书

付丽敏 编著



走进 3D打印世界



清华大学出版社



走进 3D打印世界

付丽敏 编著

RFID

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

这是一本别开生面的3D打印书!

本书以两个中学生——山谷和林风向丽丽老师学习3D打印的故事为载体,妙趣横生而又通俗易懂地讲解了3D打印的基础知识。本书有足够的魅力让你循序渐进地读下去,在无形之中掌握3D打印技能,走进3D打印世界。

全书分为5章。第一章讲解3D打印的概念和基本原理;第二章以DM Cube 3D打印机为例,讲述3D打印机的使用方法和常见故障处理方法;第三章讲述Rhino 5.0的基本操作和建模的概念;第四章通过具体实例充分展示Rhino 5.0在三维作品设计中的使用技巧;第五章讲解3D扫描的方法和3D扫描图像后期处理Geomagic Studio软件的使用。

本书内容通俗易懂,实用性强,适合3D打印初学者学习和使用,也可作为小学、初中、高中开设3D打印课程的教材或参考资料,还可供3D打印爱好者学习和参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

走进3D打印世界/付丽敏编著.--北京:清华大学出版社,2016

(创客教育)

ISBN 978-7-302-42993-7

I. ①走… II. ①付… III. ①立体印刷—印刷术—青少年读物 IV. ①TS853-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第031103号

责任编辑:帅志清

封面设计:张京京

责任校对:袁芳

责任印制:宋林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:203mm×260mm

印 张:8.75

字 数:137千字

版 次:2016年5月第1版

印 次:2016年5月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:36.00元

产品编号:068181-01

《创客教育》

编委会

主编 郑剑春

副主编 覃祖军 吴俊杰 李梦军

委员（以拼音为序）

陈 杰	程 晨	付丽敏	付志勇	傅 骞	高 山
葛 雷	管雪枫	黄 凯	李大维	梁森山	梁志成
廖翊强	刘玉田	毛澄洁	毛 勇	秦赛玉	邱信仁
沈金鑫	石李珊	孙效华	王继华	王旭卿	翁 恺
吴向东	肖文鹏	谢 鹏	谢贤晓	谢作如	修金鹏
杨丰华	叶 琛	叶 雨	于方军	余 翀	袁明宏
张建军	赵 凯	郑小康	钟柏昌	周茂华	祝良友

威盛中国芯 HTC 成长数字营活动办公室 特约审阅

序

人人创客 创为人人

少年强则国强。风靡全球的创客运动一开始就与教育有着千丝万缕的联系。这种联系主要产生在两个方面：一是像 3D 打印、智能机器、创意美食等融合了“高大上”的最新科技和普通人可以操作的、方便快捷的东西，本身就有很强的吸引力，很多孩子是被其吸引过来而不是被叫过来，这样自然意味着创客教育有很大的教育意义。二是创客教育对教育的更大挑战是，让孩子真正地面对真实社会。在自媒体的时代，信息传播的成本基本为零，任何一个人在任何一个年龄段都可以分享自己的创意，甚至这个创意还在雏形阶段，“未成形，先成名”。社交网络上的真诚点赞和可能带来的潜在商机，让投身创客学习模式的青少年在锻炼动手能力和创新思维的同时，找到了一个和社会直接对接的端口。

那么，一个好的创客应该具备什么样的品质呢？首先是“发现问题”，发现自己和身边人的任何一个微小需求，哪怕它很“偏门”，比如一个用来检测紫外线强度是否过强的帽子。但是根据“长尾理论”，有了互联网，世界各地的朋友能够搜索到这种小众的发明，然后为其埋单。其次是“质感品位”，做一个有设计思维的人，能够用设计师的方式去思考，当别人看到自己设计的东西时有一种“工匠精神”之感——确实花了很多心思去设计，真诚地为自己点赞。也可以在开始时就有自己的品牌特色，比如设计一个商标或者统一外部特征。物像人一样，我们可以察觉到它们的不同个性，好的设计像一个富有个性的人一样有它的特色。通过欣赏好的设计，并且去制造它，可以提高自己对质感的把握能力和对品位的理解能力，使自己的创客作品能够超越“粗糙发明”的状态，成为一个精致的造物。再次是要能够驾驭价值规律，可以从很多现成的套件入门，但是最终一定要能够驾驭原始材料，如基础控制板、电子元器件、木头、塑料、铝等，因为只有这样才能驾驭成本。几乎没有小饭馆会采用从大酒店订餐然后再卖给自己的顾客的做法，因为它们无法卖出大酒

店的价格。同样，用现成套件搭建的作品也卖不出去，因为它的成本太高，只是一个很好的入门途径。通过一步步的学习，最终学会了驾驭原始材料，就能够实现物品的使用价值和成本之间的飞跃。就像我们用废旧物品制作一个机器人一样，它仿佛在对你说：“谢谢你给予了我新的生命，原来我一文不值，现在却成为大家眼里的明星。”而这种价值提升的过程也是创客特别引以为傲的地方。最后就是“资源和限制”，知道自己擅长什么、不擅长什么，才能很好地寻找合作伙伴，所有的创新都在有限资源和无限想象力之间“妥协”。通过了解物和人的资源及限制，就可以驾驭自己无限的想象力了。你肯定会想：“哦，我明白了，创客就是对于任何一个自己或者别人微小的需求都能够用有质感和品位的方式来满足，从中得到价值上的提升，并且能够组建团队创造性地解决问题的一群人。”那么我会回答：“嗯……我也不太清楚，因为创客领域的所有答案都要你亲自动手去解决，你先去做，然后告诉我，我说得对不对。”“那么，我要怎么做呢？”

《创客教育》系列丛书提供了充分选择的空间，里面琳琅满目的创客项目，总有一款会适合你。那么，亲爱的朋友，如果你现在能够对自己说，第一，我想学，而且如果一时找不到老师，我愿意自学；第二，我想去做一个快乐、自由的创造者，自己开心也能够帮助身边的人解决问题，那么你在思想上已经是一个很优秀的创客了。试想，一个“人人创客、创为人人”的社会应该是怎样的呢？我们认为一定是一个每个人都能够找到自己最愿意干的事，每个人都能够找到适合自己的项目“搭档”的世界。我们说得到底对不对呢？请大家动手，亲自验证吧！

丛书编委会

2015年6月

前言

3D 打印即三维打印,是一种“增材”制造技术,与传统的“减材”切削技术相反。它是数字化、智能化制造与材料科学的结合。2015 年 2 月,工业和信息化部下发《国家增材制造产业发展推进计划》(2015—2016 年),对我国 3D 产业的发展做出了总体规划。

本书的编写源于原航空航天工业部林宗棠部长为编者学校捐赠 10 台 3D 打印机。林部长将希望寄托在孩子们的身上,希望播种下 3D 创新的种子,培育出更多的 3D 创新小能手。在当前大众创业、万众创新的时代,在广大青少年中开展 3D 打印教育,播种 3D 打印的种子,对于为“中国制造 2025”计划打下坚实的基础,促进我国综合实力的增强具有重要的意义。编者在开展 3D 打印教学中,积累了大量教案和实例,经过整理和充实形成本书。

本书分为 5 章。各章内容摘要如下:

第一章“什么是 3D 打印”,介绍 3D 打印的概念和基本原理。

第二章“体验 3D 打印”,以 DM Cube 3D 打印机为例,讲述 3D 打印机的使用方法和故障处理。

第三章“Rhino 5.0 建模基础”;简要讲述 Rhino 5.0 的基本操作,按照点、线、曲面、实体顺序,由简单到复杂讲解建模的基本思路。

第四章“创意为王——3D 设计”,通过具体实例展示 Rhino 5.0 在 3D 作品设计中的使用技巧,引导读者拓展 3D 作品设计的思路。

第五章“再造一个你——3D 扫描”,讲解 3D 扫描的方法和 3D 扫描图像后期处理软件 Geomagic Studio 的使用。

在 3D 作品设计部分,本书采用的是 Rhino(犀牛)软件。Rhino 软件功能十分强大,本书仅介绍其中的部分功能,感兴趣的读者可阅读相关书籍。

本书适合广大青少年了解和学习 3D 打印。相信广大青少年通过学习,在运用 3D 打印技术的过程中,一定能体验到 3D 作品设计的乐趣和喜悦。同时本书还适



合广大 3D 爱好者学习和参考。

在本书的编写过程中，紫熙公益公司给予了大力支持，提供了 3D 打印设备和技术支持，在此表示衷心的感谢。给予技术支持的还有 3D 扫描仪的技术人员，在此深表谢意。最后，还要感谢编者的学校和家人的大力支持。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏，恳请广大读者不吝赐教，对书中的不足之处给予指正。

编 者
2015年11月



中国儿童青少年威盛中国芯 HTC 计算机表演赛

中国儿童青少年威盛中国芯 HTC 计算机表演赛（www.wotime.com.cn）是为了贯彻邓小平同志“计算机的普及要从娃娃做起”的指示精神，在老一辈无产阶级革命家的关怀倡导下，由工业和信息化部、国家卫生和计划生育委员会、中华全国妇女联合会、中国科协、中国残疾人联合会、中国关心下一代工作委员会、中国儿童少年基金会、中国优生优育协会共同举办的大型公益赛事活动。中国儿童青少年威盛中国芯 HTC 计算机表演赛已坚持举办二十余年，覆盖全国近 30 个省市，每年参赛人数超过 500 万，连续数年居世界同类赛事首位。中国儿童青少年威盛中国芯 HTC 计算机表演赛始终助推着我国儿童青少年信息化普及教育事业的发展。

与中国儿童青少年威盛中国芯 HTC 计算机表演赛相辅相成，威盛中国芯 HTC 成长数字营是顺应信息化发展，由中国优生优育协会和威盛电子共同创办，并由威盛电子携手 HTC 联合赞助的一项致力于推进教育信息化的公益教育基地项目。该项目旨在通过先进的信息技术提升教学资源的开发利用，推动教学方式改革创新，并通过师资培训、特色课程、创新活动等，推动“互动学习、泛在学习”等现代化学习方式的实现，促进教育信息化的发展。目前该项目主要有创新课堂、未来教室、教育扶贫三大子项目。其中，“创新课堂”主要以提供信息技术创新应用课程、开展相关教师培训为核心，丰富教师的教学内容，拓展教师的教学思路。该子项目的推广及发展将进一步推动信息技术课程的研究，对培养适应信息时代的高素质人才，提高青少年信息素养起到积极的作用。

热忱欢迎全国教育界同行和关注青少年信息技术普及的有识之士能够加入我们。

目录

第一章 什么是3D打印

第一节 3D 打印的概念	2
第二节 3D 打印的原理	2
第三节 3D 打印技术	3
第四节 3D 打印发展应用领域	6
本章小结	6

第二章 体验3D打印

第一节 ReplicatorG 软件的使用	8
第二节 玩转 3D 打印机	12
一、DM 打印机的硬件	12
二、DM 打印机的使用方法	13
三、DM 打印机的使用注意事项	16
四、3D 打印过程中的问题及 解决方法	17
本章小结	19

第三章 Rhino 5.0建模基础

第一节 点的创建和编辑	22
一、点的创建	22
二、点的编辑	22
第二节 线的创建和编辑	23
一、线的创建	23
二、线的编辑	26
第三节 曲面的创建和编辑	28
一、曲面的创建	29
二、曲面的编辑	40
第四节 实体的创建和实体命令	49
一、布尔运算命令	50
二、抽面命令	52
三、倒角命令	52
第五节 其他常用命令	53

一、阵列	53
二、扭转	57
三、镜像	58
四、弯曲	59
五、沿曲线流动	59
六、设置点坐标	61
本章小结	63

第四章 创意为王—— 3D 设计

第一节 设计中国象棋	64
第二节 制作创意花瓶	68
第三节 创建鸭子模型	73
第四节 设计玩具球	77
第五节 设计卡通食堂造型	80
第六节 设计创意钥匙坠	88
第七节 设计螺钉和螺母	91

第八节 设计筐式笔筒	97
本章小结	102

第五章 再造一个你—— 3D 扫描

第一节 3D 扫描仪	104
一、3D 扫描仪简介	104
二、3D 扫描仪的使用方法	105
第二节 3D 扫描图像的后期处理	111
一、逆向工程概述	111
二、逆向工程常用软件	113
三、Geomagic Studio 软件基础	114
本章小结	125

参考文献

第一章

什么是 3D 打印

山谷和林风是两个朝气蓬勃的中学生。开学不久，学校的各个社团开始招募会员，宣传活动轰轰烈烈。在 3D 打印社的宣传中，彩色 LED 屏幕上展示的埃菲尔铁塔、军事模型、人物塑像等 3D 打印作品一下子吸引了这两个年轻人。当然，吸引他们的还有 3D 打印社温文尔雅的指导教师——丽丽老师。于是，山谷和林风马上就报名参加了 3D 打印社团。

对于即将开始的 3D 打印学习，山谷和林风既充满了期待，又有一种不安。

山谷：我一点儿 3D 打印的基础都没有，真不知道难不难，我能不能学会。

林风：我也从来没有用过 3D 设计软件，心里没有底。不过听说丽丽老师很有经验，我估计像咱们这样零基础的人也能学会。

山谷：我看呀，咱们还是尽快找丽丽老师问问。

两个人一起来到学校的 3D 创新体验中心，找到了丽丽老师。

山谷：丽丽老师好！我们是刚刚报名学习的新人，我是山谷，他是林风。今后我们一定好好学习。

丽丽老师：好呀，欢迎你们走进 3D 打印的世界。这个世界很精彩，而且不需要什么基础也能很快入门，再经过一段时间的提高，你们就能设计和打印出自己的创意作品了。

丽丽老师一句话就解除了两人的担心。

山谷、林风：将来我们也能设计和打印出自己的作品！太期待了！

第一节 3D打印的概念

丽丽老师笑着说：先别美了，学习过程还是必需的！我先问问，你们觉得3D打印是什么呢？

林风：D就是“维”的英文字头，所以3D打印就是三维打印。我只知道这些，专业的解释就需要您来指导了。

丽丽老师：你说得对！3D打印就是三维打印。具体地说，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粘合材料，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3D打印常常用在模具制造、工业设计等领域，用来制造模型。随着技术的发展和成熟，3D打印逐渐用于一些产品的直接制造，已经有使用这种技术打印而成的零部件了。这种技术在珠宝、鞋类、工业设计、建筑、工程和施工、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、枪支以及其他领域都有应用。

林风：枪支！哇！

第二节 3D打印的原理

山谷：用途真广呀！丽丽老师，我只使用过普通打印机，3D打印的原理是什么呢？

丽丽老师：这个问题问得好！

日常生活中使用的普通打印机可以打印计算机设计的文档、表格、图像等，总之打印出来的是平面作品；而3D打印机与普通打印机工作原理基本相同，但是打印材料却完全不同。

普通打印机的打印材料是墨水和纸张，而3D打印机使用的是金属、陶瓷、塑料、砂等不同“打印材料”，这些都是实实在在的原材料。3D打印机与计算机连接后通

过计算机控制，可以把这些刚刚提到的“打印材料”一层层叠加粘合起来，最终把计算机上的蓝图输出成实物。通俗地讲，3D打印机是一种可以“打印”出真实3D物体的设备，如打印一个机器人、玩具车、各种模型甚至是食物等。之所以通俗地称其为“打印机”，是参照了普通打印机的技术原理，因为分层加工的过程与喷墨打印十分相似。这项打印技术称为3D立体打印技术。

林枫：原来是这样啊！

丽丽老师点了点头，补充道：还记得吗？3D打印通常采用数字技术材料打印机来实现。在进行3D打印时，分层软件通过CAD，也就是计算机辅助设计技术，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，3D打印机会将连续的薄型层面堆叠起来，直到一个固态物体成型。

山谷：嗯。听了您的介绍，我对3D打印有了初步了解，心里有点儿底了。

林枫：我也是。我觉得打印材料很重要呀！

第三节 3D打印技术

丽丽老师赞许道：你们学得很快！我可以再给你们补充一些知识，就是3D打印的五大技术。这部分知识有助于进一步理解3D打印，但是内容有点专业，你们姑且了解一下就可以，就算不能完全理解也不影响以后的学习。

3D打印有五大技术。

1. 激光固化光敏树脂成型技术

激光固化光敏树脂成型技术（SLA）采用液态光敏树脂原料。这种材料在一定强度和波长的紫外光的照射下迅速发生光聚合反应，分子量急剧增大，使材料从液态变成固态。根据分层数据信息控制紫外激光对液态光敏树脂薄层进行精确的有选择性照射，被照射区从液态变为固态，得到产品的一个截面薄层并与下层相粘合。逐层照射直到整个物体完成。优点是精度高，成型性好。激光固化光敏树脂成型技术如图1-1所示。

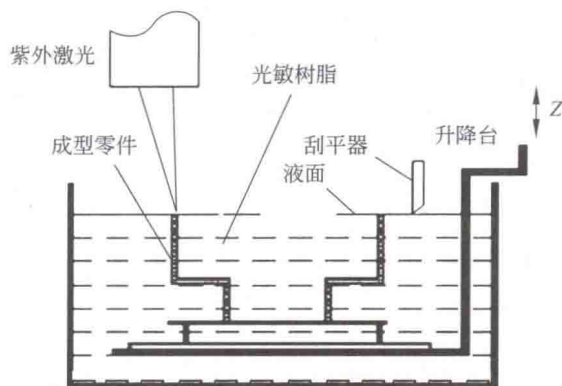


图 1-1 激光固化光敏树脂成型技术

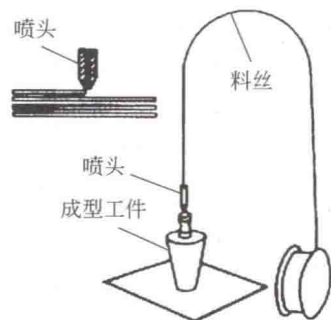


图 1-2 熔融挤压成型技术

2. 熔融挤压成型技术

熔融挤压成型技术（FDM）采用热塑性材料做原料，以丝状供料。在喷头内将材料加热熔化，根据分层数据控制喷头，按预定轨迹将熔化的材料挤出，材料立即固化形成薄层，并与下层及周围的材料粘接，逐层加工形成整个实物。优点是维护 and 运行成本低，可直接用于失蜡铸造，支撑易去除、易推广。熔融挤压成型技术如图 1-2 所示。

3. 三维喷涂粘接成型技术

三维喷涂粘接成型技术（3DP）采用粉末材料做原料。在工作台上铺平、压实一层很薄的粉末，根据该层二维数据信息喷出粘接剂，粘接粉末形成截面薄层，同时调整工作台的高度，再重复地进行铺粉和喷射粘接剂，最终制作完成三维粉体。优点是可以制作彩色原型，成型快，原材料便宜，不需要辅助支撑结构。三维喷涂粘接成型技术如图 1-3 所示。

4. 选择性激光烧结成型技术

选择性激光烧结成型技术（SLS）多使用各种粉末材料做原料，制作过程与 3DP 相似，只是 3DP 采用粘接剂，而 SLS 采用高强度的 CO_2 激光器。激光束根据分层数据信息对粉末薄层进行有选择性的烧结，得到零件的截面，并与下面成型的部分粘接，逐层进行选择性烧结直至全部烧结完成，再经后处理而形成实物。优点是制作金属产品快速，选材广，工艺不复杂，不需辅助支撑，原料利用率较高。选

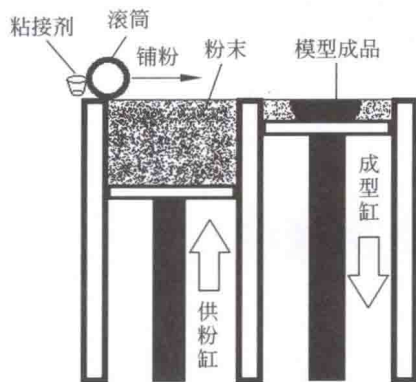


图 1-3 三维喷涂粘接成型技术

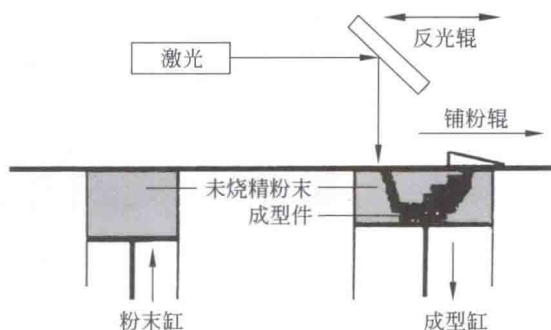


图 1-4 选择性激光烧结成型技术

择性激光烧结成型技术如图 1-4 所示。

5. 无模铸型制造技术

无模铸型制造技术（PCM）采用树脂砂为原料，粘接剂与催化剂为辅料。制作时，在分层数据控制下，两个喷头在铺好的树脂砂薄层上沿相同的路径分别喷射粘接剂和催化剂，两者发生胶联反应，使树脂砂被固化在一起形成截面薄层，所有的分层粘接完后就得到器件。优点是无拔模斜度，制造成本低，制造时间短，能制造出具有自由曲面的铸件。无模铸型制造技术如图 1-5 所示。

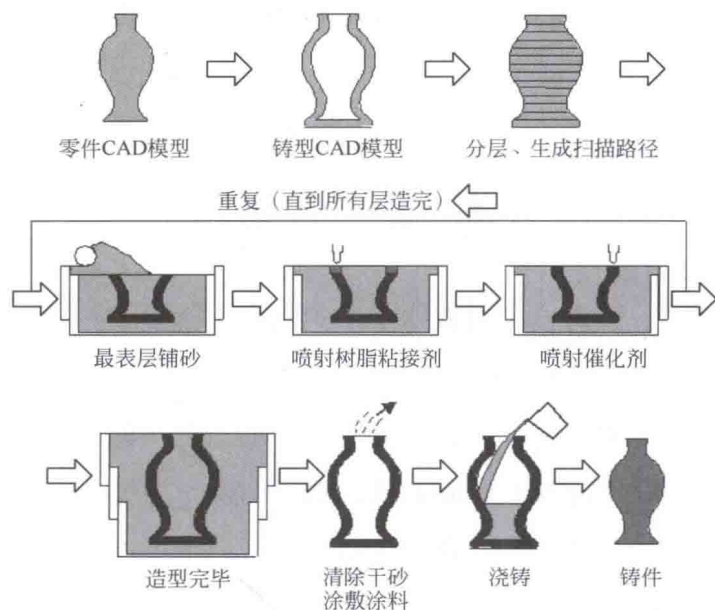


图 1-5 无模铸型制造技术