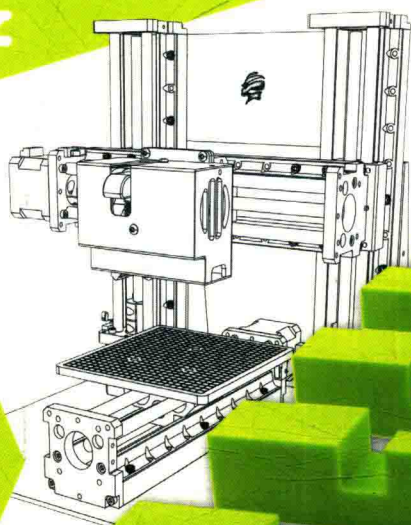


中国电子学会创客教育专家委员会 推荐

三维设计与 3D 打印 基础教程

■ 王铭 刘恩涛 刘海川 著

*Basic course in 3D Designer &
3D Printer*



本课程可以学到

- ✓ 什么是 3D 打印
- ✓ SketchUp 软件使用
- ✓ 有趣的三维设计基础案例
- ✓ 3D 打印机结构认知



中国工信出版集团

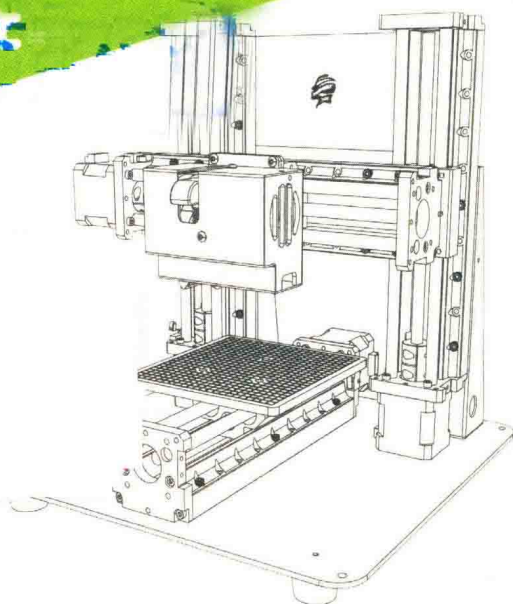


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

三维设计与 3D 打印 基础教程

■ 王铭 刘恩涛 刘海川 著

*Basic course in 3D Designer &
3D Printer*



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

三维设计与3D打印基础教程 / 王铭, 刘恩涛, 刘海川著. — 北京: 人民邮电出版社, 2016. 6
(创客教育)
ISBN 978-7-115-42190-6

I. ①三… II. ①王… ②刘… ③刘… III. ①建筑设计—计算机辅助设计—应用软件—教材②立体印刷—印刷术—教材 IV. ①TU201.4②TS853

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第077390号

内容提要

随着 3D 打印技术和设备的普及, 三维设计与 3D 打印的有效结合, 为中小学多个学科的课程带来了新颖的教学方式和生动的教学内容。本书介绍了如何用三维设计软件 SketchUp 来设计简单的 3D 模型, 并用 3D 打印机打印出来, 是青少年进行三维设计和 3D 打印入门学习的课程用书。

本书主要分为 4 个部分, 包含了生活用品改造设计、日常生活创新设计、科技原理实践设计以及创意艺术类设计等 4 个阶段性的主题, 一共 13 个主题任务。本课程内容结构合理, 设计科学, 得到了全国多所中小学及校外教育机构相关课程的教学实践验证。

本书适合开设与三维设计和 3D 打印相关课程的中小学师生阅读, 并可作为课程教材使用, 也适合自学 SketchUp 三维设计和 3D 打印技术的青少年初学者阅读。

◆ 著 王 铭 刘恩涛 刘海川

责任编辑 房 桦

责任印制 杨林杰

◆ 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>

北京缤索印刷有限公司印刷

◆ 开本: 690×970 1/16

印张: 10

2016 年 6 月第 1 版

字数: 183 千字

2016 年 6 月北京第 1 次印刷

定价: 45.00 元

读者服务热线: (010)81055339 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广字第 8052 号

本书编委会

主编：磐纹科技（上海）有限公司

刘海川

副主编：北京科技大学图书馆技术部

刘恩涛

副主编：磐纹科技（上海）有限公司教育事业部

王 铭

（以下按姓氏笔画排序）

上海市杨浦区教师进修学院

王树生

上海市普陀区青少年活动中心

孔繁荣

上海市第一师范附属小学

叶天萍

磐纹科技（上海）有限公司

宋建勇

上海市中原中学

张汉玉

上海STEM云中心

张逸中

上海市育鹰学校

周 璇

上海市宝山区青少年科技指导站

闻 章

上海市科技教育艺术中心

顾晓光

北京市东城区教育研修学院

高 勇

北京师范大学

傅 骞

上海市惠民中学

曾国平

浙江省温州中学

谢作如

江苏省常州市天宁区教师发展中心

管雪汎

前言

由美国新媒体联盟、学校网络联合会、国际教育技术联合会合作编写的《新媒体联盟地平线报告:2013\2014基础教育版》(The NMC Horizon Report:2013\2014K-12 Edition)阐述了3D打印的教学运用以及对于基础教育的重要性。基础教育是为了培养青少年未来生存和工作的基本能力与素养,需要具有一定的前瞻性,让青少年能更好地适应时代发展。在提倡素质教育的今天,传统教育形式对于青少年动手能力的培养相对不足,家庭、学校都需要一种清晰直观、又能锻炼动手能力的新型教学辅助工具。3D打印机及其技术的普及为学校的创新教育提供了新的视角和技术支持。

3D打印技术应用于教学能够帮助学习者亲身感受包括发现问题、思考解决方案、物化设计等要素的“创造性学习”过程,进而获得深刻而有成就感的学习体验。亲力亲为创造作品的过程使学生获得更多的经验,激活学生学习兴趣,培养学生创新思维,提高学生的设计创造能力、动手能力、专注能力。学思联系,知行统一。

写这本教材的初衷是希望结合我们团队长期运用三维设计及3D打印的经验,探究一种能够最大限度发挥这两项技术优势的教学方式,为学生提供一种有趣、易学、实用、可拓展的学习课程。

本教材分为4个阶段,教学内容包含日常用品改造设计、生活创新物品设计、科技原理改造实践以及创意艺术设计。每个阶段以任务式教学为主导,一共13个主题任务。每个主题任务教学分两个阶段,每阶段教学课时为2~3个课时。第一阶段为任务情景导入、原理解析及设计软件功能教学,第二阶段包含实践设计作品、反思实验结果及创意拓展。我们用任务式教学调动学生积极性,通过实验、反思及拓展的递进式教学流程,培养学生通过创意和设计解决生活实际问题的能力。

本教材致力于运用三维设计和3D打印技术培养学生综合创造能力,这种能力包含动手能力、创造型思维、解决问题的能力、构想能力以及逻辑思维等多元化因素。我们希望这本教材,可以作为3D打印技术辅助于创新教学的雏形,为广大创新教育实践老师们提供一种新的教学思路参考。我们也希望有更多老师对这种教学方式提出意见与建议,帮助我们改进与完善。

接下来,请体验这种从易到难、从生活到实践再回归至生活的学习模式吧,让我们进入一个崭新、神奇的3D打印世界。

目 录

第一章 认识3D打印与SketchUp软件

一、什么是3D打印	1
二、3D打印有哪些分类	2
三、3D打印发展现状	3
四、3D打印技术的原理	5
五、3D打印在教育行业的应用	7
六、认识SketchUp软件	13

第二章 生活大改造

第一节 神奇的七巧板

一、七巧板的秘密	16
二、七巧板基础设计	17
三、建模步骤(边学边做)	18
四、七巧板拓展	28
五、小小创客任务榜：创意七巧板	29

第二节：百变纽扣

一、纽扣的概况	31
二、纽扣基础设计	34
三、建模步骤(边学边做)	34
四、百变纽扣大舞台	41
五、小小创客任务榜：纽扣设计大师	42

第三节：小小挂钩

一、挂钩的原理	44
二、挂钩的基础设计	45

三、建模步骤（边学边做）..... 46

四、个性挂钩..... 51

五、小小创客任务榜：挂钩承重实验 52

第三章 创意生活

第一节 私人订制创意小挂件

一、挂饰简述..... 53

二、建模步骤（边学边做）..... 54

三、简易想象设计..... 61

四、小小创客任务榜：送给爸爸妈妈的小礼物 61

第二节：吹泡泡工具

一、吹泡泡小玩具..... 62

二、建模步骤（边学边做）..... 63

三、小小创客任务榜：专属吹泡泡小工具 70

第四章 探索科学世界

第一节 神奇的拱形桥实验

一、拱形桥的原理..... 72

二、拱桥的基础设计..... 73

三、建模步骤（边学边做）..... 74

四、小小创客任务榜：最结实的拱形桥 80

第二节 鲁班锁的秘密

一、鲁班锁的概述..... 81

二、基础设计..... 82

三、建模步骤（边学边做）..... 82

四、小小创客任务榜：鲁班锁工匠大赛 89

第三节 让竹蜻蜓飞得更高

一、竹蜻蜓的结构	90
二、建模步骤（边学边做）	91
三、各式各样的竹蜻蜓	97
四、小小创客任务榜：竹蜻蜓飞行大挑战	97

第五章 创意艺术品

第一节 拉胚的奥秘

一、拉胚的艺术	98
二、建模步骤（边学边做）	99
三、最有创意的瓷器选举	103
四、小小创客任务榜：给多肉植物找新家	103

第二节 DIY定制专属相框

一、相框的概况	105
二、相框里的世界	106
三、建模步骤（边学边做）	106
四、小小创客任务榜：挂着的相框	116

第三节 我的小小城市

一、城市的概述	117
二、建模步骤（边学边做）	119
三、城市的功能分区	134
四、小小创客任务榜：我是城市规划师	134

附录 认识3D打印机的结构

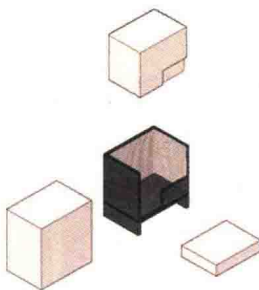
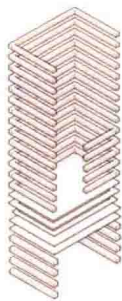
一、认识3D打印机的结构	136
二、3D打印机搭建步骤	137
三、3D打印机的基本使用方法	142
四、Panowin搭载切片软件Pango使用攻略	145

认识3D打印与SketchUp软件

想象一下：你心目中的3D打印是什么样子的？

一、什么是3D打印

3D打印（英文名3D printing）又称为增材制造，是一种新的快速成型方式。它是以数字模型文件为基础，运用金属粉末、陶瓷粉末、塑料、细胞组织等可黏结或可凝固化材料，通过一层一层打印的方式直接制造三维立体实体产品的技术。顾名思义，就是通过一点点增加材料，堆叠成一个想要的物件的样子。



知识拓展：

快速成型方式除了增材制造（3D打印），还有减材制造和等材制造。

减材制造：就是在原有物体的基础上进行切割、雕刻等操作，减少材料本身形成的新物体，通常用在工厂加工机器零部件上。例如，有一块长方形的面包吐司，如果把边缘的吃掉变成了一个圆形或者小花的形状就是减材制造。

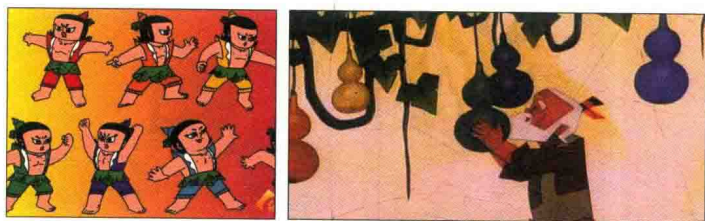


等材制造：就是运用相同量的材料制作出不同的物体；像小朋友玩橡皮泥，可以随意变化它的形状，捏成可爱的小鸭子、小猪或者人们住的房子。



二、3D打印有哪些分类

3D打印根据打印物体的使用方法、材料不同，划分为若干种，生活中常见的有4种。就像葫芦娃里面，每个葫芦娃的本领各不相同。



第1种：熔丝堆叠法，又称熔融沉积成型法（简称FDM）。

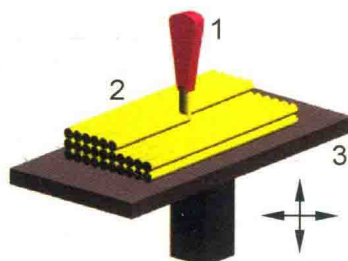
美国学者Scott Crump先生在1988年提出该方法。它是将丝状的材料加热融化，根据要打印物体的截面轮廓信息，将材料选择性地涂在工作台上，快速冷却后形成一层截面，一直重复以上过程，直至形成整个实体造型。

这种打印方式主要使用的材料是一种PLA，以玉米、木薯等为原料提取的，绿色

环保，无气味，无污染。这是现在最常用的成型法，也是我们课程应用的一种方式。

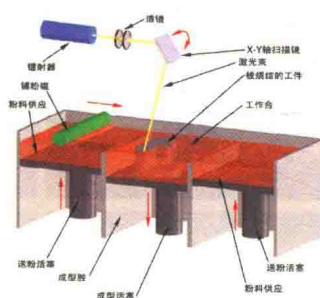
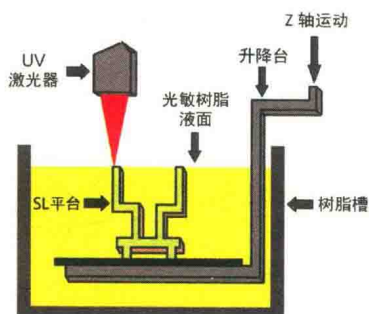
第2种：树脂固化法，又称为立体光固化成型法（简称SLA）。

在盛满液态光敏树脂的容器中，液态光敏树脂在紫外激光束的照射下快速固化成想要的形状。



第3种：激光烧结法，称为选择性激光烧结法（简称SLS）。

将材料粉末铺洒在已成型的零件表面，并刮平；激光束在计算机控制下根据分层截面信息进行有选择性的烧结，一层完成后再进行下一层烧结，全部烧结完后去掉多余的粉末，就可以得到一层烧结好的零件，并与下面已成型的部分黏接；当一层截面烧结完后，铺上新的一层材料粉末并重复以上打印步骤，直到完成打印。

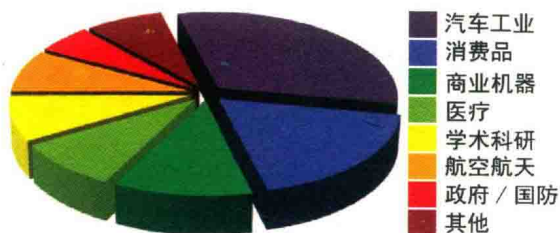


第4种：三维印刷（简称3DP）

和上一种SLS很相似，只是通过这种方式可以打印出彩色的物品。

三、3D打印发展现状

目前，3D打印在各行业领域的应用情况如下图所示。

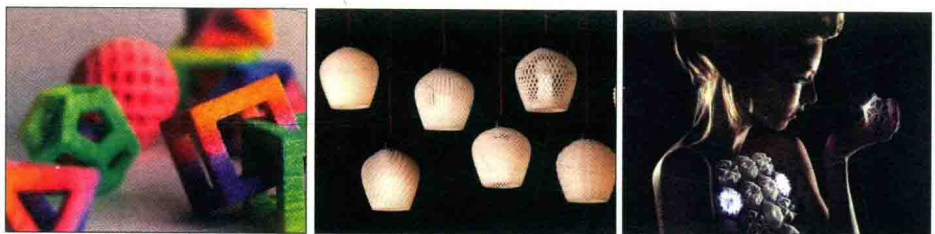


如今3D打印在国外市场已初具规模。3D打印技术目前约有50%都应用在消费品、电子、汽车等领域，应用方式主要为设计原型及生产过程中的模具加工。在医疗生物领域，3D打印同样大有可为。根据美国组织Amputee Coalition的统计，目前美国正有约200万人使用3D打印假肢。此外，目前3D打印机还能打印出真正的房子、衣服、鞋子、食物等。而国内3D打印技术研发水平较国外而言仍有较大差距。目前，我国3D打印正处于导入期，技术也处于一个优化升级的过程，应用面会随着整体技术的推进而不断扩展。

下图为3D打印技术在部分领域的具体应用。



“只有想不到，没有做不到。”通过发挥自己的创造性，人们能用3D打印技术制造出各式各样的物品。



四、3D打印技术的原理

3D打印，也就是常说的增量制造，“打印”一个物品的过程就像用砖砌墙。其工作原理很像“打印”，但它用到的不是墨水，而是更多具有实体的材料，比如：塑料、金属、橡胶等类似的材料。除了用料之外，3D打印技术与传统打印技术的另一个重要区别就是：3D打印首先需要进行数字化三维模型构建，传统打印技术并不需要构建数字化三维模型。

3D打印机的精确度可以相当高，能打印出模型中的大量细节，而且它比起铸造、冲压、蚀刻等传统方法能更快速地创建原型，特别是传统方法难以制作的特殊结构模型。

一般来说，3D打印的设计过程是：先通过计

算机建模软件建模，再将建成的三维模型“分区”成逐层的截面，即切片，从而指导打印机逐层打印。具体流程如右图所示。



3D打印模型的获取

模型的获取可以通过3种方式：三维建模，三维扫描和网络下载已完成设计的模型。在建模软件方面，既有专业化商业建模软件，如SolidWorks、Creo 2.0等，也有丰富的免费建模软件，如SketchUp、Blender、TinkerCAD等。此外，可以通过goSCAN之类的专业3D扫描仪或是Kinect之类的DIY扫描设备获取对象的三维数据，并且以数字化方式生成三维模型。

分层切片，逐层打印

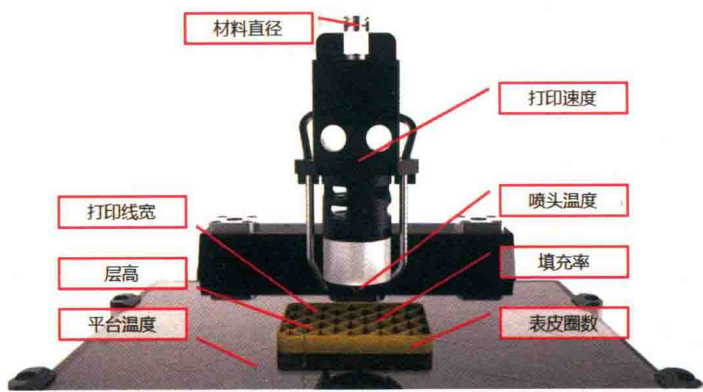
将所获取模型的数据文件存入存储卡中，打印机通过读取文件中的横截面信息，用液体状、粉状或片状的材料将这些截面逐层地打印出来，再将各层截面以各种方式黏合起来从而制造出一个实体。

在切片的过程中，我们需要设置参数。准确的参数设置可以帮助我们打印出更美观的模型，以切片软件Pango为例，我们来学习一下参数设置相关的小知识。

第一步：载入模型库模型。



第二步：关键参数设置及认知。



(1) 层高：层高影响模型纵向的细腻程度，层厚越小，表面越平滑，但打印时间也越长。

(2) 打印速度：打印速度影响模型成型时间，随着速度的增加，模型表面质量会随之降低，应在成型时间与打印质量之间取平衡。

(3) 打印线宽：打印线宽（喷嘴尺寸）由打印机喷嘴尺寸所决定，影响模型表面细腻程度，线宽越小，表面越平滑，但打印时间也越长。

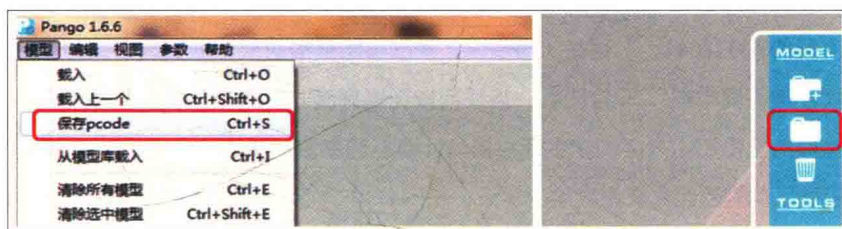
(4) 材料直径：材料的实际直径与切片时的设置参数越接近，模型的成型量越准确。若实际直径偏大，会造成挤出过多；实际直径偏小，会造成挤出偏少。

(5) 表皮圈数：表皮圈数以及上下表面层数，影响模型的外表面坚硬程度。

(6) 填充率：填充率影响模型内部强度，填充率越高，模型打印时间约长。

(7) 喷头温度：喷头温度（打印温度）影响材料熔融程度，温度越高，材料融化越充分，但容易导致冷却过缓，造成模型塌陷；温度过低，材料融化不充分，又会导致挤出不畅，造成模型断层或无法成型。（通常，PLA材料打印温度为195~205℃。）

第三步：切片参数设置完成，保存Pcode文件。



五、3D打印在教育行业的应用

由于3D打印在制造工艺方面的创新，它被认为是“第三次工业革命的重要生产工具”。3D打印技术最早出现在20世纪90年代中期，过去常在模具制造、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。尤其在飞机、核电和火电等使用重型机械、高端精密机械的行业，3D打印技术“打印”的产品是自然无缝连接的，结构之间的稳固性和连接强度要远远高于传统方法。并且，由于其速度快、高易用性等优势，3D打印如今在珠宝、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、地理信息系统、土木工程等众多领域都有所应用。

在教育领域，3D打印也开始崭露头角。新媒体联盟(New Media Consortium, NMC)在2013年地平线报告（基础教育版）中首次将3D打印技术列为教育领域未来4~5年内待普及的创新型技术。Stratasys的首席执行官David Reis说：也许使用3D打印机最多的领域是教育，因为教育是所有行业的开端。我们需要训练学生如何掌握这个行业和领域的技能，如何使用这些工具。那么，3D打印在教育领域到底有着怎样的发展潜力呢？

1. 3D 打印技术在国外教育领域的应用实践

近几年来，3D打印技术在美国教育教学领域的应用正引起越来越多的重视。

弗吉尼亚大学科技和教育中心主任格兰·布尔正在将3D打印机带入课堂，教幼儿园的孩子们如何设计和打印弹弓。“我们认为，美国的每个学校都将在未来几年里在课堂上配备3D打印机。”格兰·布尔说。美国国防高级研究计划局制作实验和拓展项目计划在美国高中推广3D打印机。该项目旨在培养高中生的工程技术及相关技能。美国华盛顿格拉希尔山高中的学生使用具有计算机辅助设计功能的3D打印机来快速进行原型设计，他们还因此获得大学的学分。在FullSail大学，学生们使用该技术制作3D漫画人物，他们利用三维软件设计人偶并打印出塑料模型。美国弗吉尼亚大学的学生通过3D打印技术制造出一架模型飞机并成功试飞，飞机的所有零部件都是通过3D打印制造的（见下图）。



弗吉尼亚大学的Steven和Jonathan通过3D打印技术制造的无人驾驶飞机

2. 3D打印技术在教育领域应用的启示

2.1 在教育教学中的作用

学科/领域	主要功能
数学、地理、化学、生物、医学、力学	可视化，加深对抽象的概念、原理和知识的理解
工程设计、建筑设计	速成模型，检测设想
平面设计、食品	激发想象力，创新表现形式
历史、考古	复原珍稀的物品

由上表可以看出，3D打印在教育教学中充分发挥了其助推器作用。大致总结为以下三点。

(1) 作为教育教学辅助用具，提高教学效率，促进学习效果。

3D打印机基本不受图形限制，可打印出任意复杂结构的教学模型，弥补了现今教学中缺乏立体模具的缺陷。因此，在很多学科的教学，3D打印技术都起到了功不可没的作用。比如，数学学科中抽象的立体几何图形、化学学科中复杂的分子结构、地理学科中星球的相对位置关系等，都可以通过3D打印技术而得到很好的展示。

(2) 营造真实的问题情境，提高学生的学习参与度和实践能力。

对于工程设计、建筑设计等专业的学生来说，他们通常只是在电脑上完成图稿设计，根本无法使其变成实物而应用于现实实验、测试和探究中，导致学习效果大打折扣。3D打印技术的介入使得这一问题情况得到缓解。它能够帮助学生完成模型的制造，并得以模拟真实的问题情境。

(3) 激发学生想象力，提高其高阶思维能力。

高阶思维能力是当代对人才素质提出的新要求，国内著名学者钟志贤教授将高阶思维能力定义为一种较高认知水平层次上的能力，并结合知识时代对人才素质结构要求的分析将其分为问题求解、决策、创新、批判性思维、信息素养、团队协作、兼容、获取隐形知识、自我管理和可持续发展等十种能力。

2.2 教学应用模式构建

根据对3D打印技术在教育教学作用的分析，其教学应用模式可考虑以如下方式构建。简而言之，在“3D打印教育”中，技术本身可以作为教学目标和学习内容，教师和学生都应学会如何设计、如何建模和如何使用3D打印机。在此基础上，一方面，教师才能利用3D打印技术制作出各种教学辅助模具。另一方面，学生才可能有效地利用该技术进行问题情景模拟和创意设计。