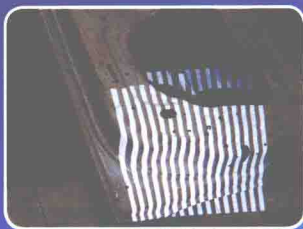




系列校本教材



3D打印 与逆向工程技术 项目教程

编著 夏立戎

上海市工业技术学校

3D打印 与逆向工程技术 项目教程

编著 夏立戎

上海市工业技术学校

2014年10月

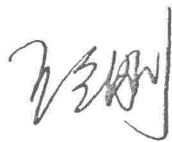
前 言

中等职业教育担负着培养高素质劳动者的重要任务，其人才培养目标须从单一技能操作型向知识型、发展型转变，须从学校单一教育向校企合作培养方式转变，须从终结教育形式向终身教育方向转变。只有切实有效转变教学模式，优化课程结构，注重学生职业能力与人文素养教育，关注学生职业生涯发展，中等职业教育才能健康协调并适应社会经济发展的要求。

为贯彻落实教育部国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）和上海市中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）的精神，以“为了每一个学生的终身发展”的核心理念引领学校综合改革，并以上海市首批特色示范校建设为契机，进一步提高教育教学质量，学校积极探索“双证融通”、中职高职贯通、中职本科贯通试点教育，打造精品课程、精品专业，形成职教特色，发挥示范引领作用。

学校贯彻“以就业为导向，以能力为本位，以素质为基础”的指导思想，以“必需够用，兼顾发展”为原则，组织骨干教师开发编写具有职教特点与学校特色的校本教材。校本教材开发定位准确，并借鉴国外职业教育先进的教学模式，精心编撰，有所创新，有机统一知识性与实践性，职业性与人文性。校本教材注重学生综合素养的教育，文化基础知识的拓展，专业知识与技能点的融合，重视培养学生的兴趣与创新思维，实训内容按项目课题，系列展开，可操作性强。

此系列教材可用于中等职业学校教学，亦可作为学生拓展学习之用，并将根据各专业需要及现代职业教育发展方向与要求，不断更新和完善。



2014年10月

目 录

项目一 打印与逆向工程概述

单元一 逆向工程	001
一、什么叫逆向工程	001
二、逆向工程的应用领域	001
三、逆向工程的工作流程	003
单元二 3D打印	007
一、什么叫3D打印	007
二、3D打印的工作原理	008
三、3D打印的几种工艺方法	008
四、目前3D打印的主要应用领域	010

项目二 基于常规量具的数据采集及三维建模

单元一 实物零件的测量	012
一、常规量具简介	012
二、被测件结构分析	014
三、测量步骤及测量数据	015
四、被测件测量所得尺寸草图表达	018
单元二 使用软件构建三维模型	019
一、构建旋转套筒三维模型	019
二、构建手摇式碎纸机的手柄主体三维模型	021
三、绘制工程视图	025

项目三 基于三坐标测量机的数据采集及三维建模

单元一 三坐标测量机的基本操作	028
一、三坐标测量机	028
二、测量坐标系	030
三、基本几何元素测量	031
四、元素的构造	033
五、公差评价	037
六、表格输出报告和图形输出报告的制作	042
单元二 用三坐标测量点的数据	043
一、开机及测头校验	043
二、工件定位安放	044
三、测取零件表面9个特殊点	046
四、采集1/4区域曲面上的点	046
五、数据导出	048
单元三 使用软件构建三维模型	049
一、数据导入	049
二、零件坐标原点建立	049
三、根据点产生线	052
四、根据线产生面	052
五、生成转角处的圆弧面	054
六、完成零件1/4曲面模型	055
七、完成整个零件数据模型	056

项目四 基于扫描仪的数据采集与数据处理

单元一 扫描采集数据	058
一、设备的连接	059
二、扫描仪的校准和配置	061

三、配置常用扫描参数	064
四、定位及特征扫描	066
五、保存	067
单元二 Geomagic Studio软件介绍	068
一、界面	068
二、文件格式	069
三、数据类型	069
四、视图	070
五、选择工具	070
六、扫描数据注册	070
七、点的对象	076
八、多边形对象	076
九、边界	077
十、分析	078
十一、创建2D或3D特征	078
十二、对齐到全局	079
单元三 使用软件处理点云数据	079
一、点云扫描数据导入Geomagic Studio	079
二、处理点云数据	081
三、导出数据	086

项目五 基于点云的数据模型建立

单元一 数据的导入	087
一、在UG软件中导入数据	087
二、在Pro-E软件中导入数据	089
三、在CATIA软件中导入数据	091
单元二 使用软件构建三维模型	095
一、使用UG软件构建三维模型	095

二、使用Pro-E软件构建三维模型	096
三、使用CATIA软件构建三维模型	097

项目六 3D打印技术（快速成型）

单元一 Objet成型机的基本操作	098
一、启动Eden250打印机	098
二、装载成型和支撑材料盒	099
三、生产模型	100
四、打印后冷却模型	101
五、清除支撑材料	101
六、关闭 Eden250打印机	102
单元二 打印产品3D模型	105
一、打开 Objet Studio	105
二、准备模型生产	105
三、安排 Objet Studio 界面	107
四、Model Orientation模型方向	108
五、在工作台上摆放模型	109
六、模型表面效果	110
七、工作台摆放完后操作	111
八、碎纸机零件的3D打印模型	112

项目一 打印与逆向工程概述

单元一 逆向工程

一、什么叫逆向工程

所谓逆向工程技术（Reverse Engineering，简称RE）是相对正向工程技术而言的。正向工程技术就是先由工程师设计产品的二维或三维图纸，然后根据图纸进行产品的生产或制造。而逆向工程技术，就是指在没有产品原始图样的情况下，利用现代测量技术手段（例如三坐标测量机或扫描仪），对实物模型进行数据采集，然后通过三维软件来构建实物的CAD模型。

二、逆向工程的应用领域

目前逆向工程技术在汽车、飞机、家用电器、仪表电器等各个工业制造领域中都有应用，特别是在模具工业中应用更加广泛，它已经成为原有产品消化、改进或实现新产品开发的重要技术手段。以下是具体应用的几个方面：

1. 已有零件的复制

在没有设计图纸的情况下，对已有实物零件进行数据采集，进而完成该零件的三维CAD模型，见图1-1。

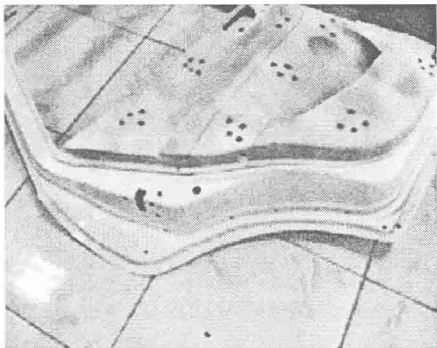


图1-1 为仿制实物零件而扫描



图1-2 油泥车模型扫描

2. 损坏或磨损零件的还原

当一些没有原始零件图纸的工作零件损坏或磨损后，可以采用逆向工程技术重构该零件的三维CAD模型，从而修补该零件或生产该零件的备用件。

3. 新零件的设计

在工业领域中，设计者用木材、石膏制作原始模型，初步确定零件的结构及外形，然后用逆向工程完成CAD造型，见图1-2。

4. 数字化模型检测

对加工后的零件进行扫描测量，然后用逆向工程构建CAD模型，通过该模型与原始设计的CAD模型进行数据比较，可以检测制造误差。

5. 特殊领域产品的复制

在艺术品、文物考古、医学上的骨骼及牙齿等领域中，逆向工程技术也有很重要的应用。见图1-3艺术品，1-4文物，1-5骨骼，1-6牙齿。

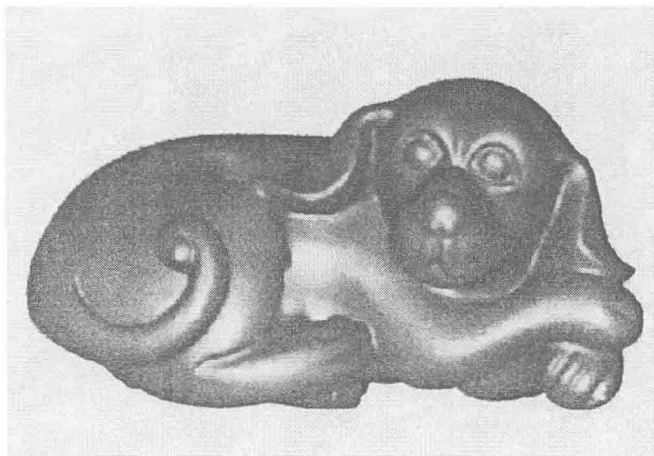


图1-3 艺术品

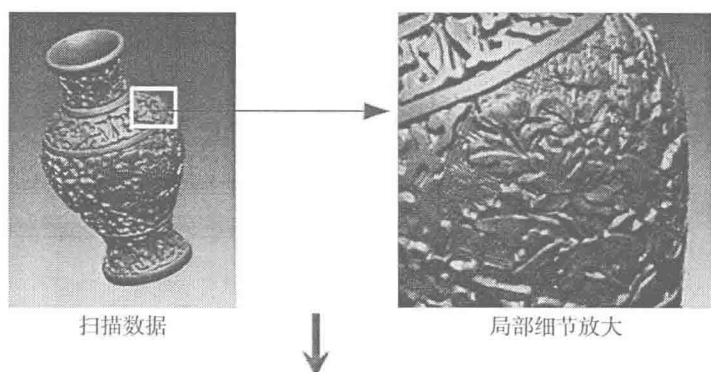


图1-4 文物

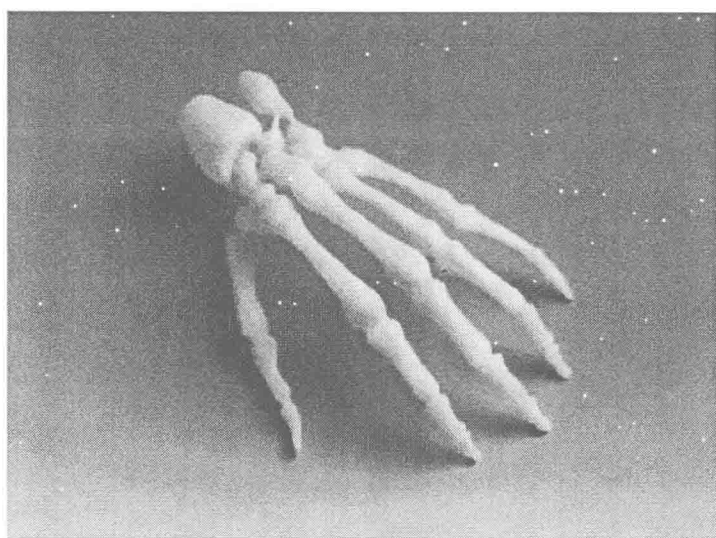


图1-5 骨骼

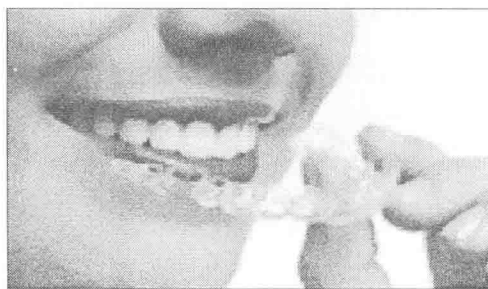
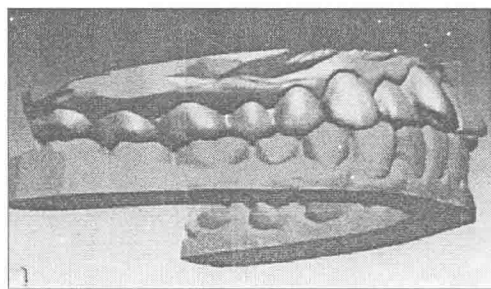


图1-6 牙齿

三、逆向工程的工作流程

逆向工程的工作流程一般分为三个阶段：即数据采集阶段、数据处理阶段和三维模型构建阶段。

1. 数据采集阶段

零件原型三维数字化测量（又称数据采集）一般可以采用三种方法：

第一种方法是采用常用量具、万能工具显微镜、投影仪等仪器与量具，用手工的方法进行测量，见图1-7。这种测量方法简单、方便、实用，适合几何图形简单的零件。

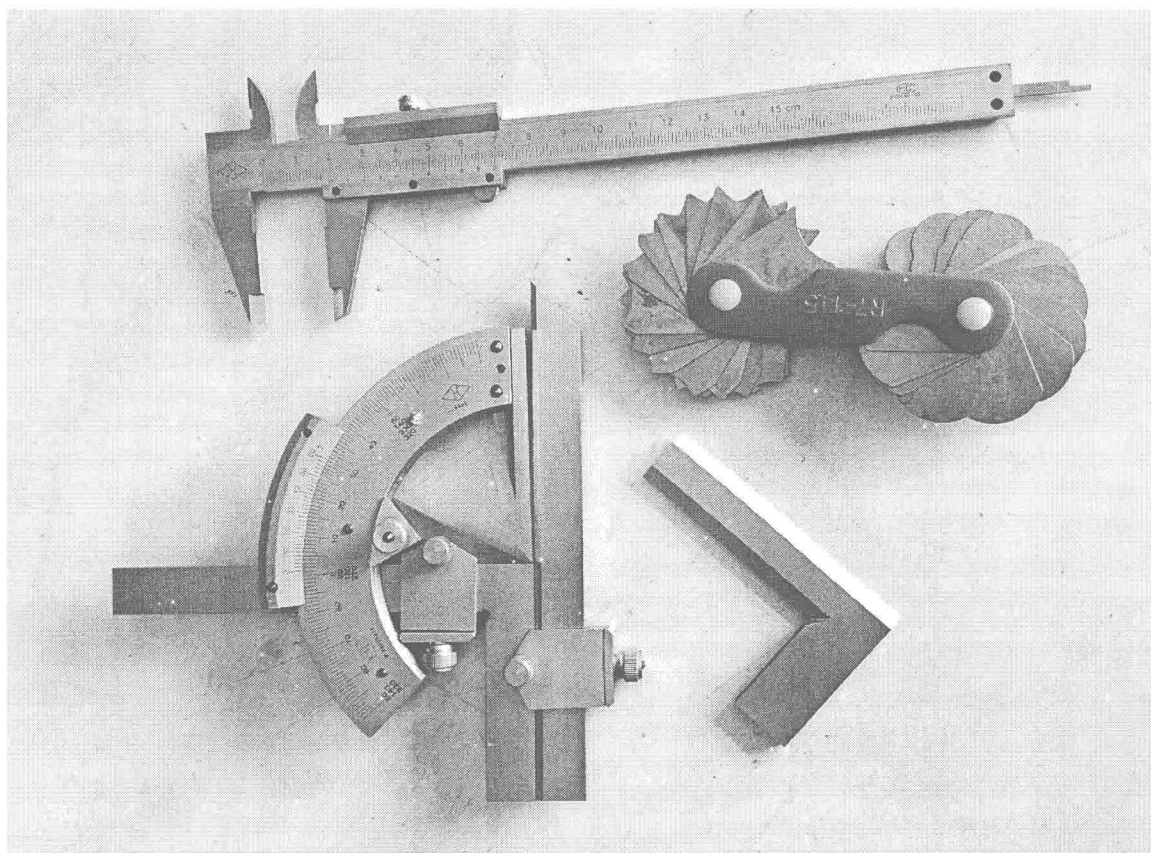


图1-7 各种常用量具

第二种方法是采用三坐标测量机CMM（Coordinate measure machine）对零件进行测量，见图1-8。这种测量方法是一种接触式数据采集方法，可以对几何形状较复杂的曲面零件进行测量，采集曲面上点的数据。工作时，三坐标上的红宝石测头按照测量者设定的路径和方法有序采集数据，数据呈一定规律排列和分布，是有序离散型数据点，见图1-9。用三坐标进行测量，对被测物体的颜色无特殊要求，但由于接触受力的关系，不能对软质材料或超薄形物体进行测量，此外由于探头是逐点进行测量，故测量速度较慢，效率较低。

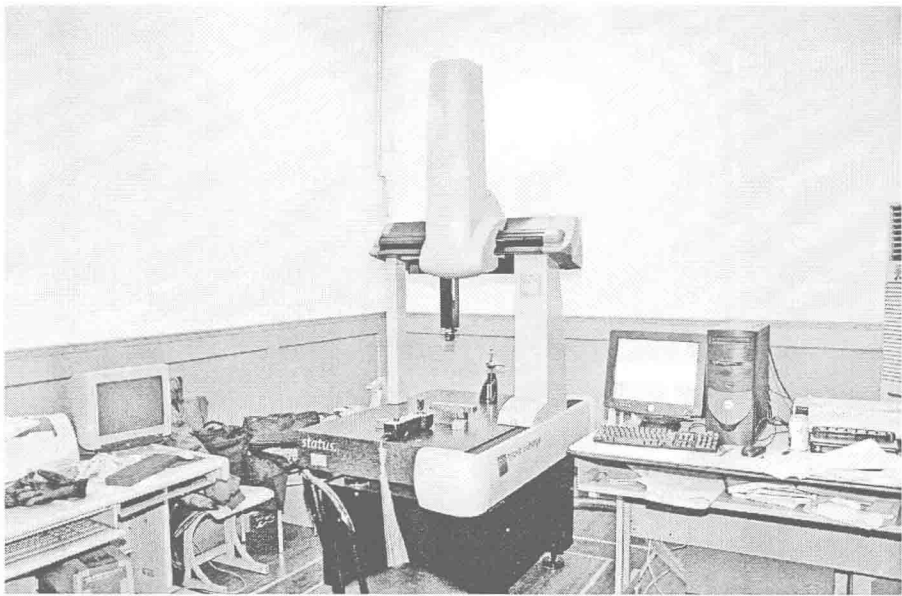


图1-8 用三坐标测量机进行零件测量

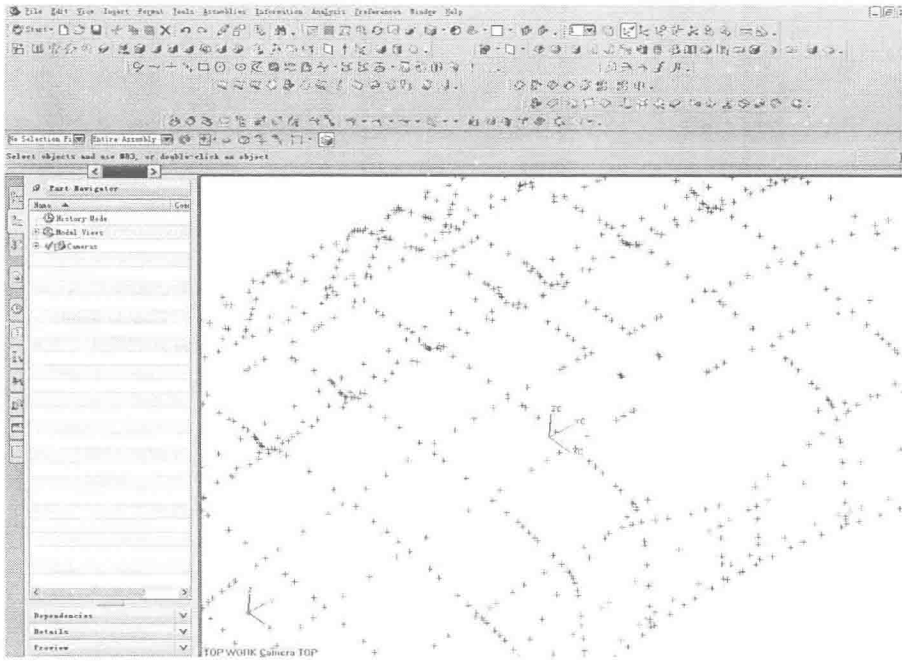


图1-9 三坐标测量得到的离散点数据

第三种方法是采用激光或白光扫描仪进行测量，见图1-10。这种测量方法是一种非接触式数据采集方法，可以对各种复杂曲面零件进行测量，扫描后的数据呈现密集点云状，数据量庞大，并且还伴有较多的噪音点数据，是无序点云数据，见图1-11。用扫描仪进行测量，正好与三坐标测量机相反，它可以对软质材料或超薄形物体进行测量，但由

于光学上的反射原因，工件表面的反射特性及颜色会造成测量误差甚至测量失效。

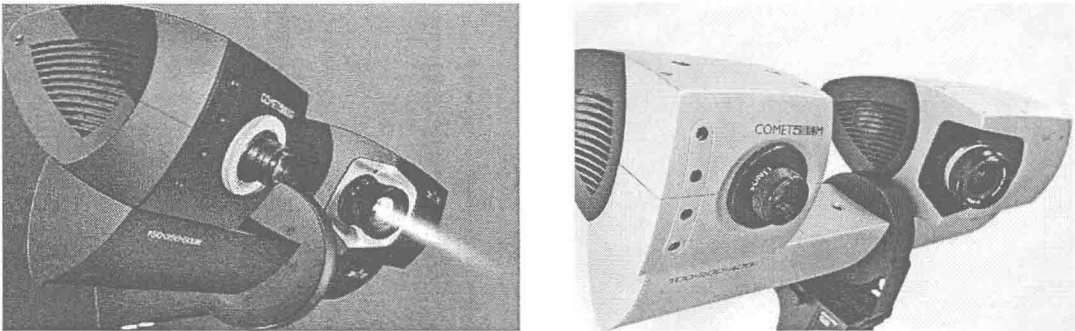


图1-10 用扫描仪进行零件测量

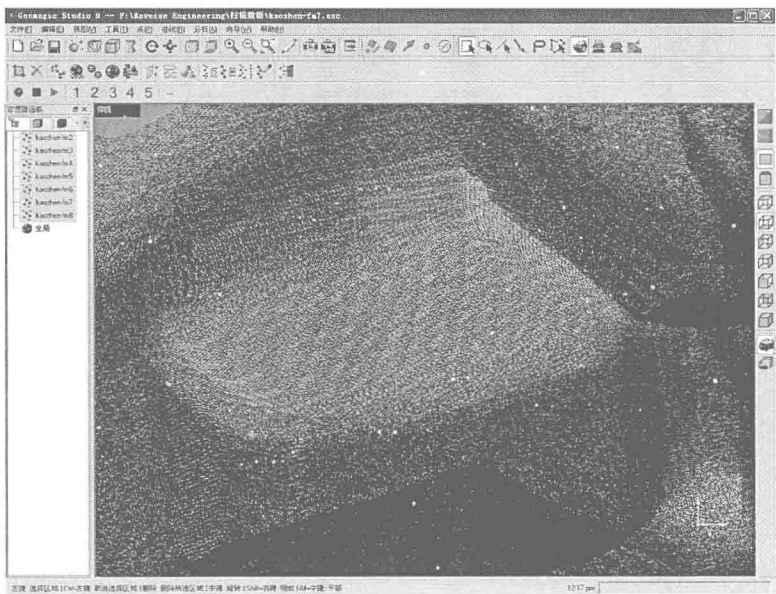


图1-11 扫描仪测量得到的点云数据

2. 数据处理阶段

逆向工程中使用扫描仪采集的点云测量数据一般都要用专门的软件来进行数据处理，常用的逆向工程数据处理软件有：Imagewave、Geomagic Studio、CopyCAD、RapidForm等。

以Geomagic Studio为例，点云测量数据一般要经过以下几方面的具体处理：

- (1) 数据点导入
- (2) 数据点着色
- (3) 去除无关联的数据点
- (4) 数据点注册

- (5) 数据点精化
- (6) 数据点合并
- (7) 去除体外孤立的数据点
- (8) 数据点封装成为三角面
- (9) 数据的格式转换和数据输出

3. 零件三维模型构建阶段

测量数据经过数据处理软件处理后，一般以IGS或STL文件格式导出，然后用专门的CAD软件进行三维模型构建。常用的CAD软件有UG、Pro-E、CATIA等。

逆向工程技术最终完成的零件三维数据模型在工业制造中具有非常重要的作用，它是模具设计、数控加工、快速成型、CAE分析、产品再设计的依据。

单元二 3D打印

一、什么叫3D打印

3D打印又叫快速成型技术，其英文是RAPID PROTOTYPING（简称RP技术），或RAPID PROTOTYPING MANUFACTUREING（简称RPM）。

快速成型技术是上世纪九十年代发展起来的一项先进制造技术，它是在现代CAD/CAM技术、激光技术、计算机数控技术、精密伺服驱动技术以及新材料技术的基础上集成发展起来的。早在1986年，美国德克萨斯大学二位教师发明了世界上第一台激光烧结3D打印机，见图1-12。此后，该技术不断得到发展，目前它在航空、汽车、医疗、工业产品或民用产品等领域都有一定程度的应用，见图1-13，图1-14。



图1-12 世界上第一台激光烧结3D打印机

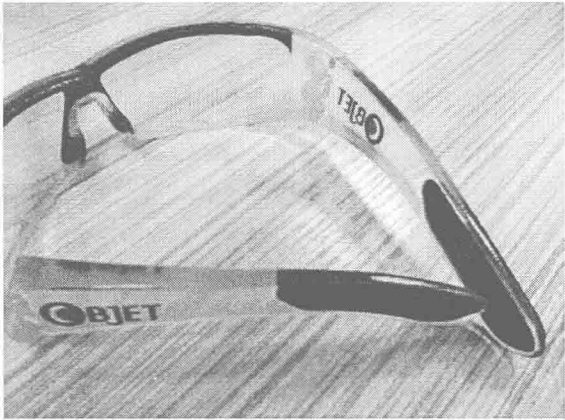


图-13 时尚眼镜



图1-14 运动鞋及工业产品

二、3D打印的工作原理

虽然快速成型机的设备种类有许多，各种设备所使用的材料也不一样，但其成型基本原理都是一样的，那就是“分层制造，逐层叠加”，类似于数学上的积分过程，这种工艺采用“增长法”或“加法”，所以人们又把它称为3D打印。

RP技术的基本原理是：将计算机内的三维数据模型进行分层切片，得到各层截面的轮廓数据，计算机根据此信息控制激光器（或喷嘴），有选择性地烧结一层接一层的粉末材料（或固化一层又一层的液态光敏树脂，或切割一层又一层的片状材料，或喷射一层又一层的热熔材料或粘合剂），形成一系列具有一个微小厚度的片状实体，再采用熔结、聚合、粘结等手段使其逐层堆积成一体，便可以制造出所设计的新产品样件或模型。

三、3D打印的几种工艺方法

1. 激光光固化工艺（SL, Stereolithography）

SL工艺是以光敏树脂为原料，将计算机控制下的紫外激光按预定零件各分层截面的轮

廓为轨迹对液态光敏树脂逐点扫描，被扫描区域的液态树脂产生光聚合反应而固化，形成零件的一个薄层。一层固化完毕后，工作台向下移一个层厚的距离，以使在原先固化好的树脂表面再敷上一层新的液态树脂，然后就可进行下一层的扫描加工。新固化的一层牢固地粘在前一层上，如此反复直到整个原型制造完毕。见图1-15。

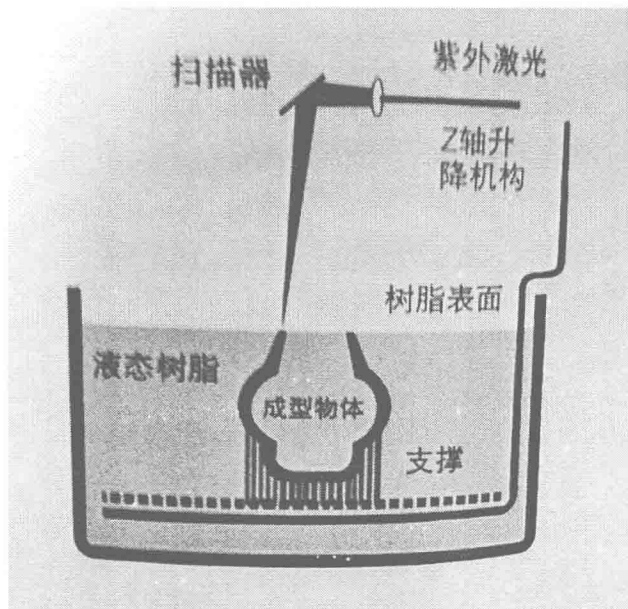


图1-15 激光光固化工艺

2. 粉末材料选择性烧结工艺 (SLS, Selected Laser Sintering)

SLS工艺采用红外激光器作能源，使用的造型材料多为粉末材料。加工时，首先将粉末预热到稍低于其熔点的温度，然后在刮平棍子的作用下将粉末铺平，激光束在计算机控制下根据分层截面信息进行有选择地烧结，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，就可以得到一个烧结好的零件。目前，可成功进行SLS成型加工的材料有石蜡粉、高分子塑料粉、金属粉、陶瓷粉、以及它们的复合粉末材料。该工艺在成型过程中因为是粉末烧结，所以会有很多的粉状物体污染工作空间。

3. 融熔沉积工艺 (FDM, Fused Deposition Modeling)

FDM工艺是通过将丝状材料如热塑性塑料从加热的喷嘴挤出，按照零件每一层截面的形状走预定轨迹，以固定的速率进行熔体沉积，见图1-16。每完成一层，工作台下降一个层厚，进行迭加沉积新的一层，如此反复最终实现零件的沉积成型。商品化的FDM设备使用的材料范围很广，如铸造石蜡、尼龙、热塑性塑料、ABS等。此外为提高效率可以采用多个喷头。现阶段又开发出水溶性支撑材料，大大提高了成型后处理支撑材料的速度。FDM工艺的关键是保持半流动成型材料的温度刚好在熔点之上（比熔点高1℃左右）。其每一层片的厚度由挤出丝的直径决定，通常是0.25—0.50mm。FDM的优点是材料利用率高，材料成本不高，可选材料种类多，工艺简洁。缺点是精度较低，表面质量较差。

4. 薄膜叠层工艺 (LOM, Laminated Object Manufacturing)

LOM工艺是在基板上铺上一层箔材(如纤维纸或塑料膜),然后用一定功率的红外激光在计算机的控制下按分层信息切出轮廓,同时将非零件部分按一定的网格形状切成碎片以便去除,加工完一层后,再铺上一层箔材,用热辊碾压,使新铺上的一层在粘接剂的作用下粘在已成型体上,再切割该层的形状,如此反复直至加工完毕。最后去除切碎的多余部分,便可得到完整的零件。

5. 黏合剂粘结工艺

该工艺是利用喷头喷粘结剂选择性粘结粉末成型。首先铺粉机构在加工平台上精确地铺上一薄层粉末材料,然后喷墨打印头根据这一层的截面形状在粉末上喷出一

层特殊的胶水,喷到胶水的薄层粉末发生固化。然后在这一层上再铺上一层一定厚度的粉末,打印头按下一截面的形状喷胶水。如此层层叠加,从下到上,直到把一个零件的所有层打印完毕。然后把未固化的粉末清理掉,得到一个三维实物原型。这种工艺耗材很便宜,一般的石膏粉都可以,成型的速度也比较快。见图1-17。

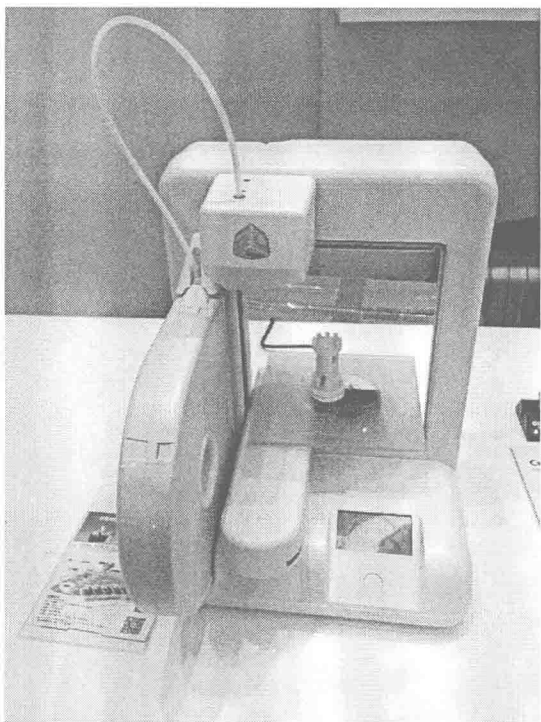


图1-16 家庭用小型FDM设备

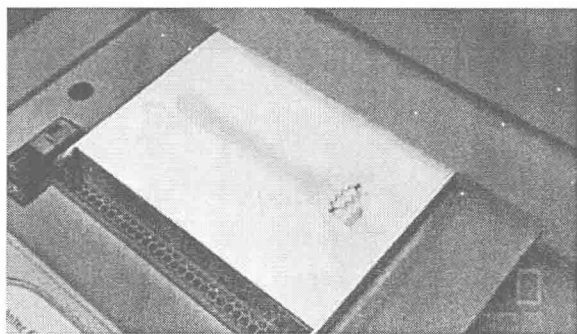


图1-17 黏合剂粘结工艺

四、目前3D打印的主要应用领域

虽然3D打印技术在医学、建筑、考古、文化艺术、雕刻、首饰、食品等领域都有一定程度的应用,并且随着这一技术本身的发展,其应用领域还将不断拓展,但它目前主要