

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2018.02.011

基于数字光处理技术的3D打印机系统设计

沈 韬, 吴明晖, 刘 震

(上海工程技术大学 机械工程学院, 上海 201620)

摘 要:针对目前市场上3D打印机的打印形式主要以激光立体印刷、选择性激光烧结及熔融沉积技术为主,存在打印速度慢、精度低等缺点,提出了一种基于数字光处理技术的3D打印机系统。设计的3D打印机由机械结构、下位机系统与上位机软件3部分组成。机械结构采用上投影的光机布置方式,松下PLC作为下位机来控制工作基板、液位及刮刀等模块协同工作,上位机软件通过USB转RS232与下位机实现数据通信,完成对3D打印机的打印参数及硬件参数的设置、硬件控制功能的实现。实验结果表明,该基于数字光处理技术的3D打印机能够快速打印出医学临床中的胫骨模型,满足医学领域高速度、高精度的打印要求。

关 键 词:3D打印机;数字光处理(DLP);上投影;上位机

中图分类号:TP334.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2895(2018)02-0061-04

3D Printing System Based on Digital Light Processing

SHEN Tao, WU Minghui, LIU Zhen

(School of Mechanical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: For the current study of 3D printer, there are three main printing forms which include SLA (stereo lithography apparatus), SLS (selective laser sintering) and FDM (fused deposition modeling), but they have the common disadvantages of slow printing speed and low precision. In order to solve the problem, a 3D printer system was designed based on digital light processing. The 3D printer is composed of mechanical structure, lower computer system and upper computer software. The mechanical structure adopted an overhead projection arrangement, and Panasonic PLC was used as a lower computer to make multiple modules such as working substrate, level and scraper to work together. The upper computer software accomplished data communication with the lower computer system via USB to RS232, which can set the printing parameters and hardware parameters as well as the hardware control function. The application and practice show that the DLP 3D printer can quickly print out the tibial model in clinical, and meet the requirements of high speed and high quality in the medical field.

Keywords: 3D printer; DLP (digital light procession); top projection; upper computer

3D打印技术是一次重大的技术革命,它给整个行业带来创新的制造理念,完美地弥补了传统制造业所不能克服的缺点^[1-2]。3D打印技术在医学中的应用越来越广泛^[3],骨科、神经外科、整形外科、口腔外科等医疗项目的日常治疗需要制作大量的快速成型(rapid prototyping, RP)^[4]模型。尽管各医疗中心对小型化医疗专用快速成型设备的需求迫切,但过高的采购成本、繁琐的操作都成为推广应用的瓶颈^[5]。目前美国

Carbon3D公司于2015年推出了基于CLIP技术的连续成型3D打印机,使固化过程保持连续性,打印速度比原先提高了至少25倍,但是由于其采用自下而上的方式^[6-7],在打印过程中存在工件吸力不足,容易引起工件脱落,制作模型的大小难以符合医疗机构1:1打印模型的需求。

针对上述问题,课题组设计了一种基于数字光处理技术的3D打印机。该打印机采用上投影的光机布

收稿日期:2017-06-29;修回日期:2017-08-20

基金项目:上海市科技支撑项目:基于面曝光技术的高速3D打印机开发及在创伤骨科中的临床应用研究(15111108300)。

第一作者简介:沈韬(1990),男,江苏南通人,硕士研究生,主要从事DLP打印机控制系统研究。E-mail:shentaogege@126.com

置方式,打印件成型在工作面板上,因此,解决了以上投影为基础的 3D 打印机工件吸力不足的问题,打印模型尺寸也能满足创伤骨科临床 1:1 打印骨骼的成型要求。控制系统选用 PLC^[8] 作为下位机,与各个驱动器及传感器之间进行通信,协调控制各个模块的运动。上位机软件是在 VS2010 平台下使用 C++ 语言编写而成的,能够实现参数设置、硬件参数、硬件控制及打印工作等功能。

1 打印工作流程

DLP 型 3D 打印技术主要是以数字光处理技术为基础^[9-10],基于 TI(美国德州仪器)公司开发的 DMD 芯片,选用 405 nm 紫外光通过高分辨率的数字光处理器(DMD)光机来投影模型切片,从而逐层固化液态光聚合物。整个打印机系统主要由前处理软件、上位机软件、控制系统、机械结构等 4 个部分组成。通常通过前处理软件(例如 Magics)将三维模型 STL 文件按照打印要求进行编辑、修复、切片,生成且保存 CLI 文件。打开上位机,设置相应的打印参数(例如:曝光时间、Z 轴运动速度),上载 CLI 切片文件,点击开始打印,整个打印任务便开始执行,其具体打印流程如图 1 所示。

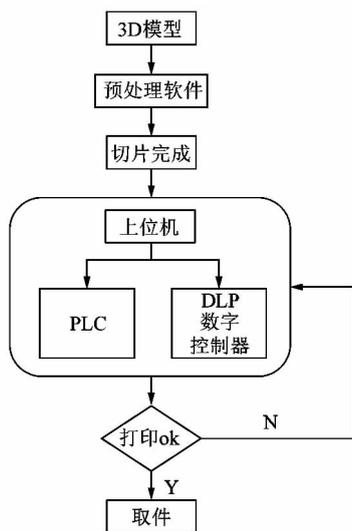


图 1 DLP 打印流程

Figure 1 DLP printing process

2 机械结构设计

DLP 型 3D 打印机设计的最大打印尺寸为 108 mm × 192 mm × 150 mm,最高精度为 0.1 mm,其机械结构原理如图 2 所示。主要结构由光学模块、Z 轴模块、涂覆模块、树脂槽升降模块、补液模块及机架等 6 大部分构成:①光学模块位于 DLP 打印机结构的顶层位置,因此称为上投影,与市场上常见的下投影 DLP 打印机相

比,具有打印幅面更大、打印尺寸更大的优点,光机的微调机构,既能满足光机在 Z 轴方向实现 0.01 mm 级别的微调,又能满足光机投射紫外线与 XY 平面之间的垂直关系;②Z 轴模块的作用是带动托板上下运动,行程为 150 mm,托板是零件生长成型的平台,是一块冲有密集小孔的铝板(120 mm × 210 mm),每固化一层,托板便要下降一个层厚,Z 轴采用伺服电机作为驱动元件,通过滚珠丝杠和双侧直线导轨带动托板上下运动,满足打印分层运动时的精度需求;③刮刀是涂覆模块的重要结构,采用伺服电机作为驱动元件,带动刮刀在 Y 方向来回移动,打印过程中刮刀周而复始地刮平打印工件的表面,使其成为材料成型生长的新基面;④树脂槽由不锈钢板焊接而成,由主槽和液位检测区 2 部分组成,两者之间是相互连通的,树脂槽升降模块除了树脂槽,还包括激光液位传感器、树脂槽安装平台、树脂槽升降装置,驱动元件选用抱闸的伺服电机,防止掉电后,树脂槽坠落;⑤补液模块位于 DLP 打印机最下方,由步进电机、补液槽及蠕动泵 3 部分组成,打印多次产品以后,树脂槽内液位必定不符合打印液位要求,可以通过补液系统将补液槽中的树脂加到树脂槽中,这样可以增加做件次数;⑥机架是其他模块的安装载体,所有的功能模块都安装在机架上得以实现功能,其由高强度方型钢管组成,机架下方安装可调节的地脚,用于调整设备的水平,使 Z 基板垂直于水平面,除此之外,还装有 4 个万向轮,便于运输打印机。

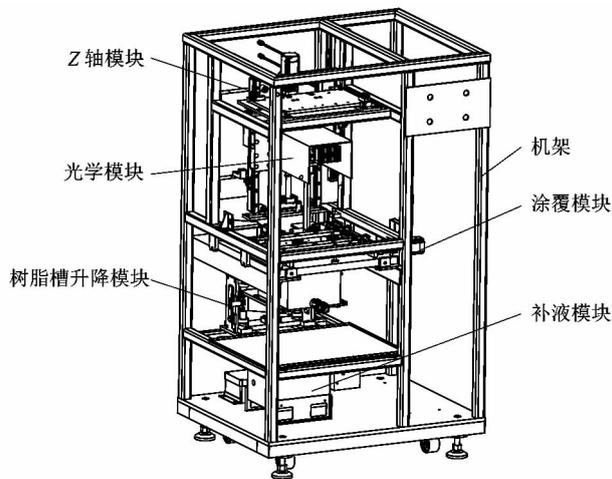


图 2 DLP 机械结构

Figure 2 DLP mechanical structure

3 控制系统设计

3.1 下位机系统设计

DLP 型 3D 打印机的下位机系统由 PLC、驱动控制器及传感器部分组成。下位机系统采用松下 PLC

(FP-XH C60T)作为控制中心,处理上位机软件的指令及控制元器件的动作,PLC与多个电机驱动器及多种传感器相连接,液位传感器、限位开关、压力传感器、温度传感器的信号反馈给PLC,由PLC处理后再将控制信号传送至Z轴、刮刀、树脂槽升降及补液等4个驱动器,系统结构框图如图3所示。

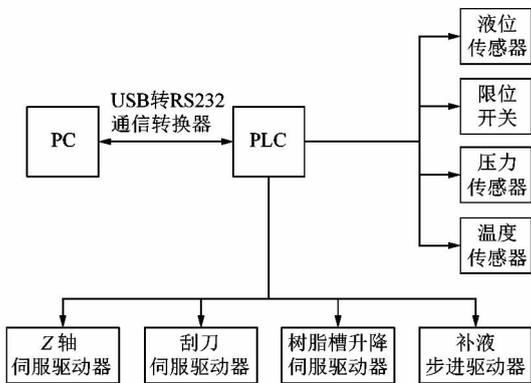


图3 系统结构框图

Figure 3 System structure

3.2 上位机软件设计

上位机软件是用C++语言来进行编写的,主要包括参数设置、硬件参数、硬件控制及打印工作等4大功能,程序运行时,首先会出现登陆界面,输入相应的用户名和密码,与数据库中的信息相匹配成功后,显示登陆成功,这样提高了整个DLP打印机工作运行的安全性与保密性。

PC通过USB转RS232数据线与下位机PLC相连接。上位机软件界面中可以选择相应COMM口,将串口的波特率配置为115 200,停止位为1,数据位为8,PLC编程时通过FPWIN可以在“PLC系统寄存器设置”里对相关端口参数进行设置,选择“COM端口设定”,其通信模式选择计算机链接,通信格式及速率与上位机COMM配置保持一致,这样两者之间通信成功。

上位机软件可以通过“开始”“暂停”“终止”等按钮实现制作模型过程中的操作控制,可以对Z轴托板、刮刀、树脂槽等模块实现回零、上升、下降、绝对移动等方面的控制。通过对3个模块的控制可以实现刮刀调试时的刮平测试、辅助检测液位并调整其高度、可以通过控制Z轴托板的上下运动实现树脂的搅拌。

打印工作是上位机软件功能的核心,模型打印前,通过上位机软件界面,设置好相关硬件参数、加工参数,其设计流程图如图4所示。硬件参数包括Z轴托板、刮刀及树脂槽的运动速度及零位补偿。加工参数包括支撑及实体的曝光时间、打印过程中不同模块运

动前后的等待时间等。相关参数设置完成后,导入切片模型,通过点击“开始”按钮进行制作,系统开始初始化Z轴托板、刮刀、树脂槽的位置及光机的工作状态;初始化完成后,托板下沉分层深度,树脂槽液位进行调整,等待几秒,刮刀运行平整树脂液面,光机投影,打印中重复上述过程,直到打印层数达到模型分层层数,打印结束。打印过程中软件界面如图5所示。

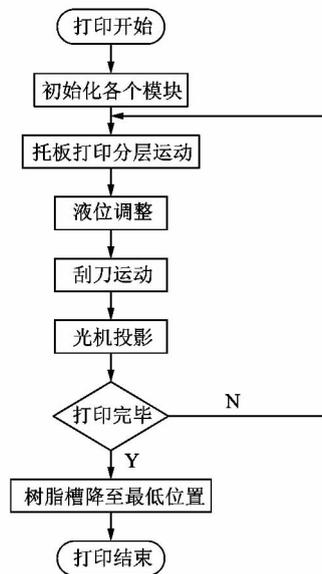


图4 打印软件流程图

Figure 4 Flow chart of print software

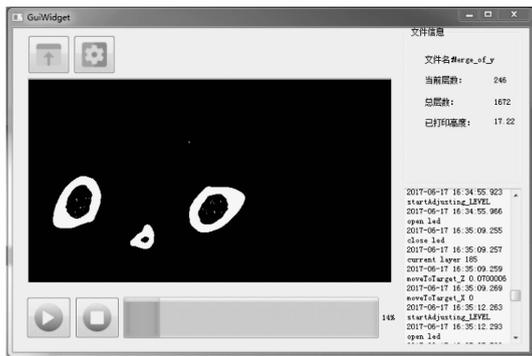


图5 运行界面

Figure 5 Running interface

4 试验与分析

DLP型3D打印机样机如图6所示,打印机调试标定后,可以完成打印胫骨模型。选择胫骨作为打印模型,通过前处理软件Magics将stp格式的胫骨三维模型进行切片分层,层厚设置为0.1 mm,形成cli格式的文件并保存。试验时,通过上位机将Z轴的速度设置为1 mm/s,刮刀的速度设置为16 mm/s,升降树脂槽的速度设置为1 mm/s,胫骨支撑及本体曝光时间分

别为 18 s 和 15 s, 载入胫骨模型, 点击打印。打印结束后, 从托板上取下胫骨模型, 用酒精清洗后, 放入固化箱进行二次固化, 固化结束后取出, 详见图 7。实验结果表明, 该 DLP 打印机能够快速打印出医学临床中的胫骨模型, 满足医学领域高速度、高质量的要求。

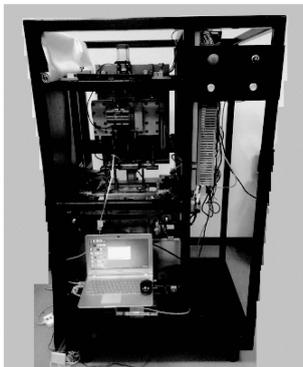


图 6 DLP 型 3D 打印机

Figure 6 DLP printer



图 7 打印的胫骨模型

Figure 7 Tibial model printed by DLP printer

5 结论

课题组设计的基于数字光处理技术的 3D 打印机, 由机械结构、下位机系统和上位机软件 3 部分组成。机械结构方面采用上投影的光机布置方式, 而且采用升降树脂槽代替平衡块调节的方式来保证液位不变的需求; 控制系统采用 PLC (FP-XH C60T) 作为其控制中心, 与上位机之间实现通信及控制其他执行模块工作; 上位机软件能够实现参数设置、硬件参数、硬件控制及打印工作等功能。但是, DLP 打印机虽然能够成功打印出胫骨, 但是打印控制精度有待进一步提高, 机械结构尺寸可以设计得更加紧凑。

参考文献:

- [1] 李小丽, 马剑雄, 李萍, 等. 3D 打印技术及其应用趋势[J]. 自动化仪表, 2014, 35(1): 1-5.
- [2] LI Meiyuan. Analysis on the development of 3D printer[J]. Applied Mechanics and Materials, 2015, 713/714/715: 2560-2563.
- [3] 邓滨, 欧阳汉斌, 黄文华. 3D 打印在医学领域的应用进展[J]. 中国医学物理学杂志, 2016, 33(4): 389-392.
- [4] 王伊卿, 贾志洋, 赵万华, 等. 面曝光快速成形关键技术及研究现状[J]. 机械设计与研究, 2009, 25(2): 96-100.
- [5] 杨亮, 傅瑜, 邓春健, 等. 基于嵌入式平台 3D 打印机研制[J]. 试验技术与管理, 2015, 32(12): 89-92.
- [6] WEISS B, STORTI D, GANTER M. Low-cost closed-loop control of a 3D printer gantry[J]. Rapid prototyping journal, 2015, 21(5): 482-490.
- [7] 李轩, 莫红, 李双双, 等. 3D 打印技术过程控制问题研究进展[J]. 自动化学报, 2016, 42(7): 983-1003.
- [8] 王永华. 现代电气控制及 PLC 应用技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2013.
- [9] 方浩博, 陈继民. 基于数字光处理技术的 3D 打印技术[J]. 北京工业大学学报, 2015, 41(12): 1775-1782.

[信息·简讯]

· 行业简讯 ·

西门子助力“海洋石油 982”钻井平台

西门子公司为中海油田服务股份有限公司的 A5000 型“海洋石油 982”深水半潜式钻井平台配备了 DP3 闭环动力系统, 并于近日顺利完成海上 DP3 闭环动力控制试验, 实现了半潜式平台 DP3 闭环短路试验的一次成功。

DP3 闭环动力配电系统由中低压配电、变压器、变频推进系统、变频钻井系统和 UPS 等装置组成。在发生恶劣的短路故障时该系统能迅速切断并隔离故障点, 并保证非故障部分的运行设备在此期间不受影响, 能够正常运行; 系统还备有故障穿越的能力, 可以保障平台的动力定位。另外, 该系统可以实现全船失电情况下发电以及与用户的快速软启动、软连接, 降低了系统的冲击影响, 具有迅速恢复供电、恢复定位能力的特点。

半潜平台 DP3 闭环动力控制系统是当前海洋工程领域领先的动力系统控制技术。该技术可有效减少主机运行和维护时间, 提高主机操作灵活性和燃油经济性, 减少温室及有害气体的排放。

(朱建芸)