

3D DAYIN JISHU PEIXUN JIAOCHENG

3D 打印技术培训教程

—— 3D增材制造（3D打印）技术原理及应用

3DZENGCAI ZHIZAO(3D DAYIN)JISHU YUANLI JI YINGYONG

/ 余振新 编著 /



中山大学出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

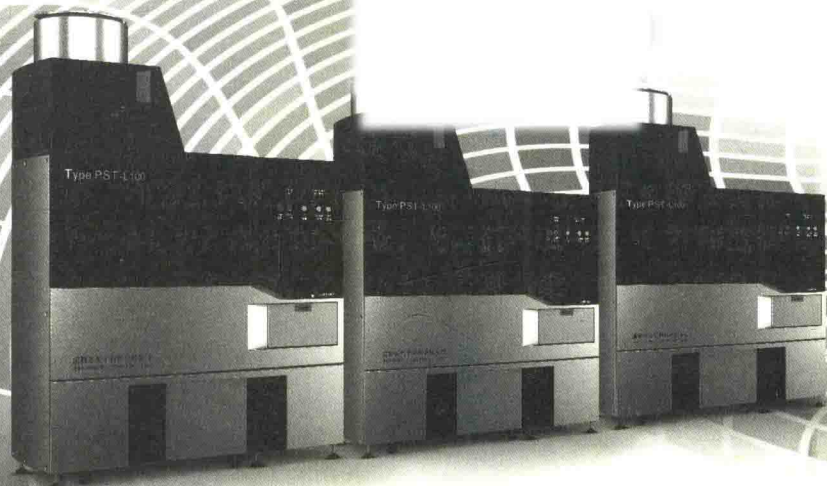
3D DAYIN JISHU PEIXUN JIAOCHENG

3D 打印技术 培训教程

—— 3D增材制造（3D打印）技术原理及应用

3DZENGCAI ZHIZAO(3D DAYIN)JISHU YUANLI JI YINGYONG

/ 余振新 编著 /



中山大学出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

• 广州 •

版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

3D 打印技术培训教程: 3D 增材制造 (3D 打印) 技术原理及应用/余振新编著. —广州: 中山大学出版社, 2016. 8

ISBN 978 - 7 - 306 - 05757 - 0

I. ①3… II. ①余… III. ①立体印刷—印刷术—教材 IV. ①TS853

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 168650 号

出版人: 徐 劲

策划编辑: 钟永源

责任编辑: 钟永源

封面设计: 曾 斌

责任校对: 杨文泉

责任技编: 何雅涛

出版发行: 中山大学出版社

电 话: 编辑部 020 - 84110283, 84111996, 84111997, 84113349

发行部 020 - 84111998, 84111981, 84111160

地 址: 广州市新港西路 135 号

邮 编: 510275 传真: 020 - 84036565

网 址: <http://www.zsup.com.cn> E-mail: zdcbs@mail.sysu.edu.cn

印 刷 者: 广州家联印刷有限公司

规 格: 787mm × 1092mm 1/16 10 印张 185 千字

版次印次: 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1 ~ 13000 册 定 价: 48.00 元

如发现本书因印装质量影响阅读, 请与出版社发行部联系调换。



中国航天天部原部长林宗棠（右三）在2013年12月—2014年3月，三次到广东中山访问，在“广东谱斯达光子科技有限公司”进行驻点调研3D技术产业。他向中央报告，受到中央领导高度重视。（右四为余振新教授）



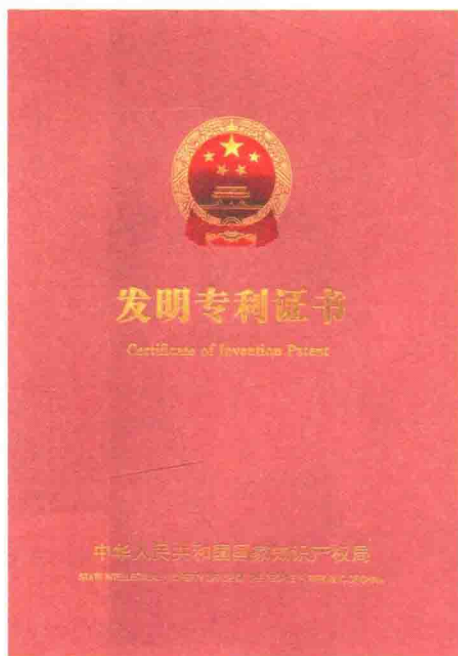
■ 林部长亲自操控 PST 3D 打印机制作结构精细的样板



■ 把 PST 制品与 EOS 制品进行 3D 打印质量比较



■ 林部长亲自操作余教授研制的 PST-ZA 型 3D 打印机，“每天 24 小时不间断地连续运行 30 天，机器没有任何故障。”



“激光快速成型机”的技术专利 (11 项) 证书

发明人：余振新 (2013.8)

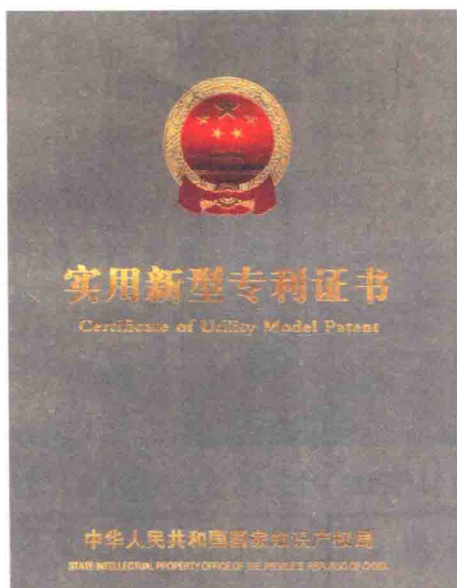
“激光快速成型机”的发明专利证书 (3 项)

专利号：ZL 201310073375.6

专利号：ZL 201310153560.6

专利号：ZL 201310047368.9





“激光快速成型机”的
实用新型专利证书（8项）

实用新型专利（8项）

专利号：ZL 2013 2 0171551.5

专利号：ZL 2013 2 0068957.0

专利号：ZL 2013 2 0171596.2

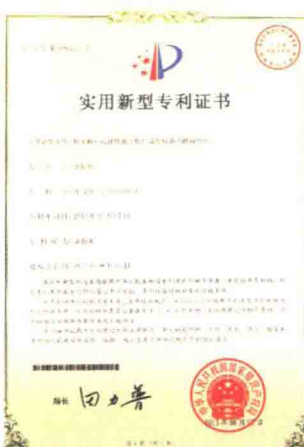
专利号：ZL 2013 2 0224993.1

专利号：ZL 2013 2 0171624.0

专利号：ZL 2013 2 0171508.9

专利号：ZL 2013 2 0105066.8

专利号：ZL 2013 2 0171694.6





序

由于光、机、电、算、材等综合技术的提高，并经历了 20 多年应用探索所取得的进展，近年 3D 增材制造（俗称 3D 打印）掀起了全球性新兴技术产业热潮。被誉为引领新一轮工业革命的最具标志性的生产工具。

已经可以看见 3D 创新技术所展示的曙光：增材制造的原理和技术实施路径，几乎把衣、食、住、行，各种需求的生产均可实现；各类工业生产，诸如机械、电子、建筑、交通……所使用的传统设计、制作技术都将采用 3D 增材技术进行改造和革新。在涉及人类健康和生命延伸的医学领域，硬组织矫型外科以及软组织皮肤、细胞脏器重构等不断爆出激动人心的创新成果。

随着 3D 增材制造技术更进一步的提高和拓展，新的生产技术、新的工艺流程、新的工厂组织形式、新的材料供应链等都将面临深度调整。我国三部委（工业和信息化部、国家发展和改革委员会、财政部）已发出联合通知：《国家增材制造产业发展推进计划（2015—2016 年）》，将很快会解决 3D 技术设备的产业化问题。

3D 增材制造技术将会在各个领域登场。因此，必须为社会准备一批具有 3D 打印技术知识的新型劳动力，或对现有劳动力进行知识技能填补、革新。扩展基础教育、增广课外活动内容、加强劳动技能实践等，都是培养新型劳动力的有效措施。在一些先进的工业国家，大中小学都开设了 3D 增材制造技术课程，在课室里增设 3D 打印设备。正是考虑到这种广泛而紧迫的需求，余振新教授编写了这本《3D 打印技术培训教程》。

我们期盼，在国家三部委联合《通知》的推动下和教育改革的锐意响应下，中国在3D技术产业和3D创新教育领域都将在世界令人瞩目地崛起。

卢瑞华 2016.7.14

[卢瑞华 中共中央原委员、广东省原省长、中国国际经济交流中心（国务院智库）副理事长，中山大学博士生导师]

前 言

本教材作者在中山大学超快速激光光谱学国家重点实验室工作期间，从1992年起就已经关注在国际上出现的“激光快速成型”技术了。一直在理论和实践上跟踪这项后来被称为“3D打印”或“3D增材制造”的技术发展，并从多种技术路线上比较优劣、在实践中作出探索 and 选择。

三年前，一位德高望重的尖端工程技术界的老领导——中国航空航天部原部长林宗棠，以87岁的高龄，不辞劳苦，全国奔走呼吁：“要重视3D创新，发展中国的3D技术。大力普及3D打印知识，要从娃娃抓起。”林宗棠部长是我国科技尖端工程的先驱：中国最早万吨水压机的制造者、高能正负电子对撞机的组织者和领导者、长征捆绑火箭设计制作的领导人、我国航天工程的开拓者、在互联网上被誉为“中国制造及中国创造的功臣”。他的前瞻性眼光和竭诚奔走呼吁，引起科技界、工程界、产业界的热烈响应。他在2013—2014年三次到广东省中山市“广东谱斯达光子科技有限公司”进行驻点调研，每次逗留三天，亲自操作3D机器，中午不休息去讨论研发和改进技术。林部长向中央写了《中国梦——3D创新》的调研报告，受到中央领导的高度重视。

我们有幸受到林宗棠部长的垂注，多次驻点调研，他不单从技术上严谨督导，而且在精神上给予巨大的鼓舞，勉励我们要努力搞出自己中国特色的东西，要以3D创新来丰富中国梦。对我们生产的3D打印机质量提出了五项严格的要求。非常有力地推动了我们的3D技术研发和产业化的工作。

林部长还倡议向全国中小学捐献小型桌面式3D打印机，大力向中小學生宣传普及。2014年5月他亲临现场，带头向著名的中山纪念中学赠送10台桌面式3D打印机及一台SLS型工业级激光快速成

型机。

3D 打印技术被誉为继蒸汽机、电子计算机、互联网后又一大发明，推动新一轮工业革命。3D 打印技术获得社会的广泛关注，正是因为它的“无所不能”。

近来，工业界经常宣扬：“中国制造 2025”、“美国再工业化构想”、“日本工业智能化”与“德国工业 4.0”，再加上欧盟发布的“3D 打印标准化路线图”等，都在证明 3D 打印已经成为全球先进制造业聚焦的前沿热点。中国制造逐步转型升级，由部署进入实操阶段，预示着中国由“制造大国”迈向“制造强国”的清晰萌动。而“中国制造”非常核心的一块将是增材制造、数字化制造，也就是 3D 打印。

李克强总理说：“以信息技术与制造技术深度融合为特征的智能制造模式正在引发整个制造业的深刻变革。3D 打印是制造业有代表性的颠覆性技术，实现了制造从等材、减材到增材的重大转变，改变了传统制造的理念和模式，具有重大价值。”

2015 年 2 月 11 日，为落实国务院关于发展战略性新兴产业的决策部署，我国三部委（工业和信息化部、国家发展和改革委员会、财政部）联合发出通知：《国家增材制造产业发展推进计划（2015—2016 年）》，引起社会的广泛关注。

3D 增材制造技术将在各个领域登场，影响着各行各业。因此，必须为社会准备一批具有 3D 打印技术知识的新型劳动力，或对现有劳动力进行知识技能填补、革新。扩展基础教育、增设课外活动内容、加强劳动技能实践……都是培养新型劳动力的有效措施。正是考虑到这种广泛而紧迫的需求，我们编写了这本《3D 打印技术培训教程》。

这本教材的编写宗旨是：理论紧密联系实际，让大部分有愿望学习 3D 增材制作技术的人，能够轻松地进入这个举世瞩目的领域。

本教材的基本内容是以目前应用最为广泛、最有发展前景的 FDM 及 SLS 技术路线来解说 3D 增材制造的技术原理，以典型的适用于教学、个性制作、工业首版模型以及艺术设计的 3D 机器作为样

机，详细讲解其操作步骤及具体应用。以利于学生深入理解3D打印原理和掌握其操作技能，在生产实际或个性制作上运作自如、举一反三。

我们谨以这本教材答谢一直关怀和大力支持鼓励我们进行3D创新工作的林宗棠部长。他的高瞻远瞩的激励和细致入微的督导，促使我们在纷繁的研发和生产工作中挤出时间来编写这本教材。为在我国发展3D创新事业添砖加瓦。

3D技术发展极其迅猛，本教材在短时间写就，必有许多遗漏和缺陷，请读者不吝斧正。我们将努力跟上国际发展步伐，在再版时以更充实的内容补正。

余振新

2015年7月1日于广州中山大学

目 录

第一章 席卷全球的 3D 打印浪潮 / 001

- 一、3D 打印的发展简史 / 001
- 二、3D 打印与传统工业制造的比较 / 007
- 三、3D 打印产业发展的历史机遇 / 009

第二章 万能的机器 / 011

- 一、教育 / 011
- 二、工业领域——机械制造、模具、建筑、食品等 / 018
- 三、工艺美术设计 / 027
- 四、医学生物学应用 / 032
- 五、只有想不到，没有做不到的“万能机器” / 035

第三章 什么是 3D 打印 / 037

- 一、3D 打印技术的原理与各种技术路线 / 037
- 二、FDM（熔融层积技术）技术原理 / 038
- 三、SLS（选择性激光烧结成型）技术原理 / 039
- 四、SLA（光固化成型）技术原理 / 041
- 五、其他成型方法的技术原理 / 042

第四章 如何获得打印模型 / 044

- 一、使用三维画图软件去建立打印模型 / 044
- 二、使用 3D 扫描仪获得打印模型 / 048
- 三、通过网络获得打印模型 / 051

第五章 FDM 型 3D 打印机的使用 / 053

- 一、重要组件介绍 / 053
- 二、打印步骤 / 055

三、机器操作 / 056

- (一) 连接电源线, 通电开机 / 056
- (二) 基础测试与调节, 双击打开 pronterface. exe / 058
- (三) 选择打印模型, 双击打开 pronterface. exe / 063
- (四) 脱盘及清理 / 067

第六章 SLS 型激光快速成型机的使用 / 069

一、使用步骤 / 070

- (一) 设备通电前的准备 / 070
- (二) 进行成型操作前的准备 / 071
- (三) 后面板的手动控制操作 / 071
- (四) 打印成型时的操作步骤 / 071
- (五) 暂停操作以及制作完成后的取出处理 / 073

二、安全注意事项 / 073

第七章 分层软件的使用 / 074

一、3D 分层软件“库拉”(Cura) 的结构及使用 / 074

- (一) Cura 的安装 / 074
- (二) Cura 首次启动设置向导 / 077
- (三) Cura 的主界面 / 080
- (四) 打印机各种参数的设置 / 080
- (五) 菜单栏 / 090
- (六) Cura 打印操作 / 093

二、slic3r 分层软件的使用 / 097

- (一) Plater (图形版面) / 097
- (二) Print Settings (打印设置) / 098
- (三) Filament Settings (细丝设置) / 108
- (四) Printer Settings (打印机设置) / 110

三、PST-L100 系列 3D 打印机的分层软件 / 112

第八章 打印耗材塑料丝的生产及使用 / 114

一、塑料丝的生产知识 / 114

二、塑料丝的正确使用 / 120

三、激光烧结的高分子粉末及金属粉末的应用知识 / 121

第九章 一次完美的打印体验及机器的维护 / 123

一、FDM 型 3D 打印机的打印过程 / 123

二、SLS 型 3D 打印机的打印过程 / 127

第十章 3D 打印的广阔未来 / 133

后记 / 135