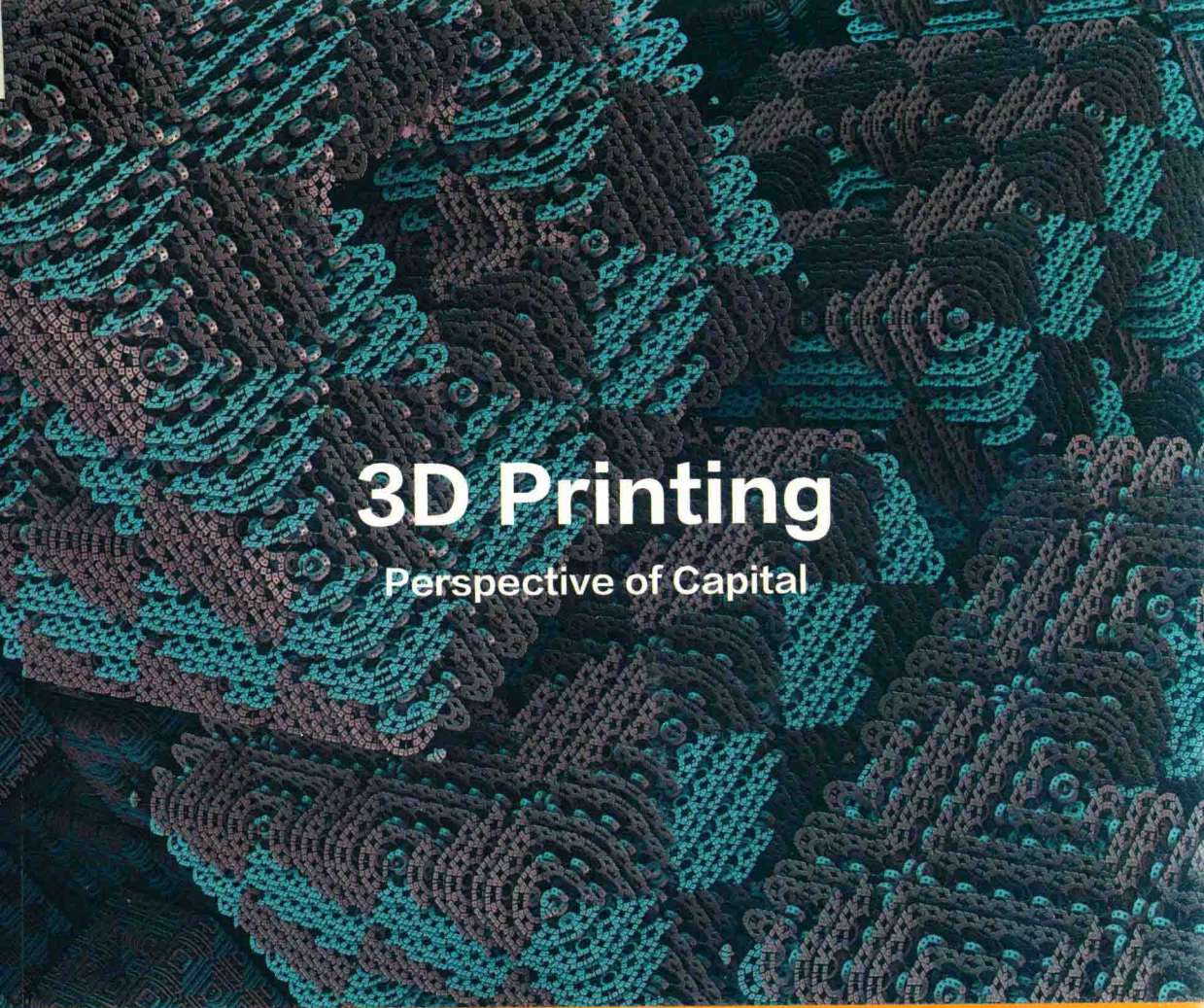




3D Printing

Perspective of Capital

透视3D打印

资本的视角

华融证券3D打印研究小组◎编著

跨越虚拟世界与实体世界的鸿沟，颠覆我们的物理世界！

一场设计、材料、生物、产品制造、知识产权的革命！

拿起本书，以全新的视角认识3D打印，迎接正在到来的工业革命！



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

3D Printing
Perspective of Capital

透视 3D 打印

资本的视角

华融证券3D打印研究小组◎编著



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

透视 3D 打印: 资本的视角 / 华融证券 3D 打印研究小组编著.

北京: 中国经济出版社, 2017.5

ISBN 978 - 7 - 5136 - 4570 - 6

I. ①透… II. ①华… III. ①立体印刷—印刷术 IV. ①TS853

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 003216 号

责任编辑 赵静宜

责任印制 巢新强

封面设计 久品轩

出版发行 中国经济出版社

印刷者 北京力信诚印刷有限公司

经销者 各地新华书店

开 本 710mm × 1000mm 1/16

印 张 19.25

字 数 308 千字

版 次 2017 年 5 月第 1 版

印 次 2017 年 5 月第 1 次

定 价 68.00 元

广告经营许可证 京西工商广字第 8179 号

中国经济出版社 网址 www.economyph.com 社址 北京市西城区百万庄北街 3 号 邮编 100037

本版图书如存在印装质量问题, 请与本社发行中心联系调换 (联系电话: 010 - 68330607)

版权所有 盗版必究 (举报电话: 010 - 68355416 010 - 68319282)

国家版权局反盗版举报中心 (举报电话: 12390)

服务热线: 010 - 88386794

华融证券 3D 打印研究小组

(按姓氏笔画排序)

丁思德 云 昀 王泽军

吕 梁 何健康 张 迪

前 言

3D 打印又被称为增材制造，是一种新型的制造方式，始于 20 世纪 80 年代，经过 30 多年的发展，技术已经比较成熟，被广泛应用于航天、军工、医疗等领域，同时也被应用于与我们生活息息相关的文化创意领域。

2015 年 2 月，工信部、发改委和财政部联合发布《国家增材制造产业发展推进计划（2015—2016 年）》；8 月份，李克强总理主持国务院先进制造与 3D 打印专题讲座，听取了相关专家对于 3D 打印的介绍。我们相信未来将会有更多的扶持政策出台以支持国内 3D 打印的发展，该行业有望涌现出一批优秀的企业。3D 打印目前正处于导入后期到成长初期的过渡阶段，处于黎明前的黑暗！从市场表现看，未来几年，全球 3D 打印市场规模年均增速有望继续保持在 30% 以上，国内则超过 40%，相关优质企业业绩增速则远高于行业的平均水平。

为了能够让市场对 3D 打印有更加直观的认识，同时也为了实现资本和产业的良好结合，华融证券近期对 3D 打印进行了深度梳理，实地走访了 40 多家国内优质 3D 打印企业，足迹遍布全国 20 多个城市，行程数万公里，在与相关企业建立良好联系的同时，收集整理了大量一手资料。

我们希望通过这些研究，能够使市场更加了解这个具有朝气的行业，同时也希望能够借助资本的力量助推我国 3D 打印产业的发展，为我国向制造强国迈进贡献自己的一份力量。

本书内容涵盖 3D 打印发展历程及工作原理、3D 打印政策、3D 打印材

料、3D 打印技术、3D 打印应用、3D 打印市场、3D 打印行业竞争格局以及我们对我国 3D 打印行业的研判。后附部分 3D 打印重点企业介绍。本书不仅是资本市场投资 3D 打印行业的最佳参考，也是相关政府官员、高校学者、企业高管以及广大的 3D 打印爱好者快速了解 3D 打印行业的最佳读物。

由于水平有限，书中错漏之处，恳请读者指正。同时，也希望就 3D 行业的发展提出不同的见解。

本书编著分工如下：何健康编著了第四章第一节、第四章第四节、第五章第三节、第六章、第七章第二节、第七章第三节、第八章，张迪编著了第一章、第五章第二节、第五章第五节、第七章第一节、第九章，丁思德编著了第四章第二节、第四章第三节、第九章，王泽军编著了第二章、第四章第四节，云昀编著了第三章、第五章第四节，吕梁编著了第五章第一节。

华融证券作为中国最大的金融资产管理公司——中国华融资产管理股份有限公司旗下唯一的资本市场平台，一直致力于打造竞争力强、特色鲜明、服务专业的一流现代投资银行，并已发展成为管理资产规模超千亿的综合性证券公司，2011—2014年，连续四年被中国证监会评为A类A级券商，2015年，首次荣获A类AA级券商。

华融证券市场研究部是一支充满活力、积极进取的研究团队，专司资本市场研究业务，建立了较为完善的研究体系，研究领域覆盖宏观经济、市场策略、固定收益，以及包括金融、房地产、机械、国防军工、传媒、计算机、电子、医药、食品饮料、节能环保等在内的所有一级行业。研究部秉承“深入思考、独立研究”的理念，遵循科学的研究方法；紧贴市场需求，发挥专业优势，以服务于股权投资和财富管理为使命。

股权投资：基于宏观、行业与公司的研究体系及上下游印证的方法，为客户提供深入的行业研究服务、公司价值判断，为一、二级市场投资者提供股票投资建议。

财富管理：以为客户创造财富为宗旨，以大类资产配置研究为核心，为客户提供各类金融资产的投资建议，针对客户需求提供大类资产配置建议。

技术的进步无人能阻挡，3D打印推动着现代传统加工领域的转变。本书是证券行业的翘楚，以资本的视角，对3D打印这个全新的行业进行的全面探索，内容涉及到3D打印的方方面面，从3D打印的发展历程、工作原理、关键技术、主要应用，到3D打印行业的未来前景、竞争格局、发展困境，再到国内外3D打印行业的重点企业，无不涉及。本书结构清晰、文笔流畅、内容丰富、案例翔实，有很强的知识普及性，不仅是资本市场投资3D打印行业的最佳参考，也是相关政府官员、高校学者、企业高管以及广大的3D打印爱好者快速了解3D打印行业的最佳读物。

责任编辑：赵静宜

封面设计：久昂軒

13651259399
956011@126.com

目 录

前 言 / 001

001 | 第 1 章 3D 打印发展历程及工作原理

- 1.1 3D 打印发展历程 / 001
- 1.2 3D 打印技术原理 / 005
- 1.3 3D 打印技术类别 / 006
- 1.4 3D 打印产业链分析 / 007

010 | 第 2 章 3D 打印行业政策篇

- 2.1 3D 打印政策涉及的内容 / 010
- 2.2 世界各国 3D 打印政策简述 / 014
- 2.3 中国 3D 打印政策 / 028

054 | 第 3 章 3D 打印材料篇

- 3.1 3D 打印材料的性能要求 / 054
- 3.2 3D 打印材料的分类 / 055

- 3.3 3D 打印材料发展历史 / 057
- 3.4 主要打印材料性能和应用现状 / 057
- 3.5 3D 打印材料市场分析 / 074
- 3.6 3D 打印材料发展展望 / 080

083 | 第4章 3D 打印技术篇

- 4.1 3D 打印技术路线概述 / 083
- 4.2 挤出熔融成型类 / 085
- 4.3 粒状物料成型类 / 102
- 4.4 光聚合成型类 / 121
- 4.5 其他 3D 打印技术 / 139

146 | 第5章 3D 打印应用篇

- 5.1 3D 打印在生物医疗行业的应用 / 146
- 5.2 3D 打印在航空航天和国防领域的应用 / 163
- 5.3 3D 打印在汽车行业的应用 / 173
- 5.4 3D 打印在教育行业的应用 / 191
- 5.5 3D 打印在消费和电子产品行业的应用 / 218

231 | 第6章 3D 打印市场篇

- 6.1 3D 打印行业所处发展阶段 / 231
- 6.2 全球 3D 打印市场空间预测 / 246
- 6.3 我国 3D 打印市场空间预测 / 251

255 | 第7章 3D打印行业竞争格局

- 7.1 全球3D打印行业竞争格局 / 255
- 7.2 国内3D打印行业竞争格局 / 259
- 7.3 国内3D打印“五大高校团队”生态圈 / 266

268 | 第8章 我国3D打印行业研判

- 8.1 我国3D打印行业目前存在的主要问题 / 268
- 8.2 我国3D打印行业未来发展趋势 / 270
- 8.3 我国3D打印行业投资逻辑 / 274

277 | 第9章 重点企业

- 9.1 杭州先临三维科技股份有限公司 / 277
- 9.2 三纬国际立体打印科技有限公司 / 277
- 9.3 磐纹科技(上海)有限公司 / 278
- 9.4 上海普利生机电科技有限公司 / 278
- 9.5 品啦造像 / 278
- 9.6 Polymaker(苏州聚复高分子材料有限公司) / 279
- 9.7 震旦公司3D事业部 / 279
- 9.8 西安铂力特激光成形技术有限公司 / 279
- 9.9 陕西宇光飞利金属材料有限公司 / 280
- 9.10 西安非凡士机器人科技有限公司 / 280
- 9.11 陕西恒通智能机器有限公司 / 280
- 9.12 江苏永年激光成形技术有限公司 / 281
- 9.13 武汉巧意科技有限公司 / 282
- 9.14 武汉滨湖机电技术产业有限公司 / 282

- 9.15 武汉华科三维科技有限公司 / 282
- 9.16 北京原点智汇科技有限公司 (AOD) / 283
- 9.17 东莞智维立体成型股份有限公司 / 283
- 9.18 深圳维示泰克技术有限公司 / 284
- 9.19 深圳市光华伟业股份有限公司 (易生) / 284
- 9.20 深圳市三维立现科技有限公司 (立现优品) / 284
- 9.21 珠海西通电子有限公司 / 285
- 9.22 康硕电气集团有限公司 / 285
- 9.23 极致盛放设计师事务所 / 285
- 9.24 武汉芯态度科技有限公司 / 286
- 9.25 北京阿迈特医疗器械有限公司 / 286
- 9.26 三的部落 (上海) 科技股份有限公司 / 287
- 9.27 盈创建筑科技 (上海) 有限公司 / 287
- 9.28 上海悦瑞电子科技有限公司 / 288
- 9.29 上海曼恒数字技术有限公司 / 288
- 9.30 上海联泰三维科技有限公司 / 288
- 9.31 上海福斐科技发展有限公司 / 289
- 9.32 浙江闪铸三维科技有限公司 / 289
- 9.33 北京易加三维科技有限公司 / 290
- 9.34 宁波乔克兄弟电子科技有限公司 / 290
- 9.35 西安蒜泥电子科技有限公司 / 291
- 9.36 杭州铭展网络科技有限公司 / 291
- 9.37 优克多维 (大连) 科技有限公司 / 291
- 9.38 毛豆科技 / 292
- 9.39 北京天远三维科技有限公司 / 292
- 9.40 南极熊 / 293
- 9.41 北京紫晶立方科技有限公司 / 293

1.1 3D 打印发展历程

1.1.1 早期阶段（1984 年以前）

3D 打印技术的起源可以追溯到 19 世纪中期。摄影技术发明后不久，发明家开始尝试如何将二维图像转化为三维图像。1860 年，法国人 François Willème 首次设计出一种多角度成像的方法获取物体的三维图像。1892 年，Joseph Blanthier 发明了用蜡板层叠的方法制作等高线地形图的技术。1904 年，Carlo Baese 注册了一项用感光材料制作塑料件的专利。20 世纪 60 年代，美国巴特尔纪念研究所（Battelle Memorial Institute）开展了一系列的实验，试图用不同波长的激光束固化光敏树脂，其原理已经非常接近后期的光固化成型技术。但由于受到计算机、激光、材料等领域的技术限制，3D 打印技术一直没有实质性的发展。1870—1984 年，在美国注册的相关的技术专利不到 20 项。

1.1.2 发展阶段（1984—2006 年）

1984—1989 年的五年时间里，3D 打印技术最核心的 4 个专利技术（SLA、SLS、FDM、3DP）相继问世，专利技术数量较 1984 年以前大幅增加，行业由此步入了发展阶段。3D Systems、Stratasys、EOS 等企业成立，开启了 3D 打印商业化的时代。同一时期的中国，以清华大学、华中科技大学、西安交通大学等高校为代表的研究团队开始研究 3D 打印技术，并研制出少量快速成型的样机。这些最早接触 3D 打印技术的高校研究力量形成了如今国内 3D 打印的“五大流派”。

3D 打印在 1996—2006 年的十年间经历了快速发展，LENS、DLP 等新技术出现，专注特定领域的新公司涌现，如 Objet（Polyjet 技术）、Z Corp.（3DP 技术）、Arcam（EBM 技术）、Envisiontec（DLP 技术）等。同时，工业级设备的成型速度、尺寸和工作温度大幅提升，但售价维持在较高水平。较为成熟的 SLA 和 SLS 技术开始应用于汽车、齿科、航空等行业。在中国，这一时期 3D 打印的技术研发仍以高校为主，由于国内对 3D 打印缺乏认知度，其产业化进度缓慢。这一时期国内出现了市场化的企业，如上海联泰三维、北京太尔时代等，3D 打印技术已经开始应用于泵阀、珠宝设计等领域。

1.1.3 成长阶段（2007 年至今）

2007 年开始，行业进入快速成长阶段。Rep Rap 和 Fab Home 开源项目的出现和 FDM 专利到期等因素，推动了桌面级 3D 打印市场的快速发展。在线打印服务这一新的商业模式出现，老牌设备厂商开始考虑新的增长点，开始重视打印服务，并购同行业公司。2013 年美国总统奥巴马的国情咨文演讲把 3D 打印推向新的高潮，此后两年多时间里，3D 打印上市公司的股价经历了过山车行情。

相比国外的热闹景象，国内对 3D 打印的关注度直到 2013 年才开始显著提升。此前工业级 3D 打印行业一直不温不火。2013 年 5 月，科技部公布《国家高技术研究发展计划（863 计划）、国家科技支撑计划制造领域 2014 年度备选项目征集指南》，3D 打印产业首次入选。2014 年，桌面级 3D 打印热潮传导至国内，短短一年内涌现出上百家厂商，而在此之前只有北京太尔时代和杭州铭展等少数几家以出口为主的厂商。2015 年 2 月工信部、发改委及财政部联合发布了《国家增材制造产业发展推进计划（2015—2016）》，首次将增材制造产业上升到国家战略层面。3D 打印也吸引了资本市场的关注，先临三维等企业登陆资本市场。

表 1-1 3D 打印行业发展历程表 (1984—2014 年)

年份	全球	中国
1984	Charles Hull 申请光固化成型技术 (SLA) 专利	
1986	选择性激光烧结技术 (SLS) 发明; Charles Hull 创立美国 3D Systems 公司	
1987	叠层成型技术 (LOM) 发明; 首台 SLA 设备面世	
1988	3D Systems 推出首台基于 SLA 技术的商用设备 SLA-250	清华大学颜永年教授在美国 UCLA 访问期间首次接触 3D 打印, 回国后开始专攻 3D 打印
1989	熔融沉积成型技术 (FDM) 和 3DP 技术发明; 美国 Stratasys、德国 EOS 公司成立	
1990	比利时 Materialise 公司成立; EOS 售出了公司的首台光固化设备	清华大学激光快速成形中心成立
1991	FDM 和 LOM 技术实现商业化	华中理工大学 (现为华中科技大学) 快速制造中心成立
1992	首台商用 SLS 设备面世; 尼龙等材料的应用获得发展	西交大卢秉恒教授在美国密歇根大学访问期间发现 3D 打印技术在汽车制造业中的应用; 清华大学研制出了国内第一台快速成型设备
1993	3D 技术商业化; 首期 Wohlers Report 发布	北京殷华激光快速成形与模具技术有限公司成立
1994	电子束熔融技术 (EBM) 发明; 美国 Sanders (Solidscap 的前身) 发布蜡材质打印机; EOS 推出激光烧结设备	西安交通大学先进制造技术研究所成立; 北京隆源自动成型系统有限公司成立; 华中理工大学快速制造中心研制出国内首台基于 LOM 技术的样机
1995	Rapid Prototyping Journal 期刊创刊	西工大黄卫东团队开始金属 3D 打印研究
1996	激光净成型技术 (LENS) 发明; Z Corp. 发布首台基于 3D 技术的设备	武汉滨湖机电技术产业有限公司成立
1997	SLA 技术开始应用于齿科; 3D Systems 获得风投	陕西恒通智能机器有限公司成立, 卢秉恒团队研制出国内首台光固化快速成型机
1998	SLA 技术开始应用于汽车行业; Optomec 推出基于 LENS 技术的金属 3D 打印设备	华中科技大学史玉升团队开始研究 SLS 和 SLM 技术; 北京殷华开始销售设备
2000	超声波增材制造技术 (UAM) 技术发明; 以色列 Objet 发布多喷嘴 + UV 光设备; Z Corp. 发布全球首台商业化彩色 3D 打印机	上海联泰三维科技有限公司成立

续表

年份	全球	中国
2001	德国 Envisiontec 展出了基于 DLP 技术的设备；德国 Generis 展出了可以打印砂型的设备	清华大学颜永年团队研制出生物材料快速成形机
2002	瑞典 Arcam 推出基于 EBM 技术的设备 EBM S12	滨湖机电开始销售基于 LOM、SLA、激光烧结和挤出成形技术的设备
2003	EOS 推出采用光纤激光器的 EOSINT M270	北京太尔时代科技有限公司成立
2005	Stratasys 推出 RedEye RPM 打印服务；行业应用由原型制作向直接制造转变	
2006	桌面级设备进入发展期；金属 3D 打印关注度上升	Stratasys 在上海设立办事处
2008	英国巴斯大学团队发布首款开源打印机 RepRap；荷兰 Shapeways 推出 3D 打印服务，新的商业模式出现	
2009	ASTM F42 增材制造技术委员会成立；FDM 关键专利到期；MakerBot 推出基于 RepRap 开源系统的产品；3D Systems 推出 ProParts 打印服务业务	湖南华曙高科技有限责任公司成立；杭州铭展网络科技有限公司成立
2010	Stratasys 开始为 HP 代工 3D 打印机；3D Systems 开始大规模收购行业企业；3D 打印在齿科和助听器行业的应用迅速普及	太尔时代在海外市场推出 UP Plus 桌面级 3D 打印机
2011	Stratasys 收购 Solidscape；3D Systems 收购多家服务商；ASTM F42 发布 AMF 格式规范；桌面级设备销售首次超过工业级设备；EOS 装机量突破 1000 台	西安铂力特激光成形技术有限公司成立
2012	美国建立国家增材制造创新研究院 (NAMII)；Stratasys 和 Objet 完成行业内最大规模合并；GE 收购 3D 打印服务商 Morris Technologies	北航王华明教授获国家技术发明一等奖；中国 3D 打印技术产业联盟成立；太尔时代推出 UP! Mini 桌面级 3D 打印机
2013	美国总统奥巴马发表国情咨文演讲强调 3D 打印的重要性；第一届 Inside 3D 大会召开；SLA 关键专利到期；金属 3D 打印设备需求提升；多家企业涉足医药领域	3D 打印产业技术联盟在南京成立；杭州捷诺飞生物科技有限公司在拉斯维加斯消费电子展发布生物 3D 打印机
2014	Stratasys 完成对 MakerBot 的收购；3D 打印上市公司市值大幅缩水；HP 发布 MJF 技术	国内桌面级设备厂商大量涌现；中国 3D 打印第一股先临三维在新三板挂牌；湖南华曙生产的激光烧结设备在北美销售

资料来源：华融证券。

1.2 3D 打印技术原理

3D 打印技术，又称为增材制造或者快速成型技术，是一种集合了机械、电子、软件、材料等多个学科的制造技术。增材制造，顾名思义，就是增加材料，以从无到有的方式制造物件。大到建筑行业的混凝土浇灌，小到蛋糕行业的奶油裱花工艺，都可以看作是增材制造。

美国材料与测试协会增材制造技术委员会（ASTM F42）对增材制造的定义是：一种与减材制造相反，根据三维数据把材料集中于一体的生产过程。按照这一权威定义，增材制造必须由数据驱动。

3D 打印其实和传统打印类似，都是由数据驱动硬件完成打印，且都集合了软件、机械、电子多个学科，但两者在打印材料和原理上存在极大的差异。3D 打印材料分为金属和非金属两大类，形态包括固态、液态、粉末等，每一类材料都对应一种或多种打印原理。因此，3D 打印远非“打印”那么简单，专业人士一般称其为增材制造。

表 1-2 传统打印与 3D 打印对比

	传统打印	3D 打印
数据类型	二维	三维
数据生成方式	文字输入、图片拍摄、画图	建模、画图、三维扫描
数据处理	一般无需处理即可打印	分层、转换、平滑处理等
打印原理	喷墨、激光	材料挤出、喷射、层叠、光聚合等
打印材料	墨水（液态）	金属材料、高分子材料（固态、液态、粉末等）

资料来源：华融证券。

3D 打印流程一般包括数据获取、数据处理、打印和后处理四个步骤。前两个步骤主要涉及软件和光学成像技术，第三个步骤涉及材料、机械和电子。前三个步骤相辅相成，任何一个环节存在问题都会影响打印的最终结果，后处理步骤更多是采用传统加工的方式改善打印物品的外观和特性。

由于打印步骤所涉及的技术和领域最广泛，行业内的关注点普遍集中在