

3D打印技术对航空制造业发展的影响

The Influence of 3D Printing to the Development of Aviation Manufacturing

杨恩泉 / 中国航空工业发展研究中心

摘要: 对3D打印的技术体系和国内外产业发展现状、发展趋势、应用前景进行了综合分析,介绍了3D打印技术在国内外航空制造业的应用发展情况,对3D打印技术将给制造业带来的冲击进行了探讨,并对我国航空制造业如何应对3D打印技术带来的产业巨变提出了建议。

Abstract: The 3D printing technology system and development status are introduced. The development trend and application market of 3D printing are analyzed. The aviation manufacturing application progress of 3D printing is presented. The subversive changes of 3D printing bringing to manufacturing industry are synthesized. The suggestions of Chinese aviation enterprises to meet the challenge of 3D printing are proposed.

关键词: 3D打印; 快速成形技术; 航空制造业

Keywords: 3D printing; rapid prototyping; aviation manufacturing

0 引言

2012年英国著名杂志《经济学人》制作专题并指出,全球工业正在经历第三次工业革命。第三次工业革命的说法是世界趋势大师杰里米·里夫金(Jeremy Rifkin)在《第三次工业革命》一书中提出的,是指目前新兴的可再生能源技术和互联网技术的出现、

使用和不断融合后,将带给人类生产方式以及生活方式的再次巨大改变。他认为第三次工业革命已经开始,并逐步会形成新兴的经济模式,而可再生能源的转变、分散式生产、储存(以氢的形式)、通过能源互联网实现分配和零排放的交通方式则构成了新经济模式的五个支柱。与此思路类似,英国

《经济学人》杂志2012年制作专题论述了当今全球范围内工业领域正在经历的第三次革命,认为这次革命是一种建立在互联网和新材料、新能源相结合的工业革命,它以“制造业数字化”为核心,并将使全球技术要素和市场要素配置方式发生革命性变化。新材料、新工艺、新机器人、新的网络协同制造服务,生产会更加经济、高效、灵活、精简。3D打印技术作为“第三次工业革命的重要标志”,被认为是推动新一轮工业革命的重要契机,已经引起全世界的广泛关注。3D打印技术作为具有前沿性、先导性的新兴技术,正在使传统生产方式和生产工艺发生深刻变革。3D打印技术将以其革命性的“制造灵活性”和“大幅节省原材料”在制造业掀起一场革命。它最适合应用于多品种、小批量、结构复杂、原材料价值量高的结构制造,因此有望在航空制造领域获得广泛应用。

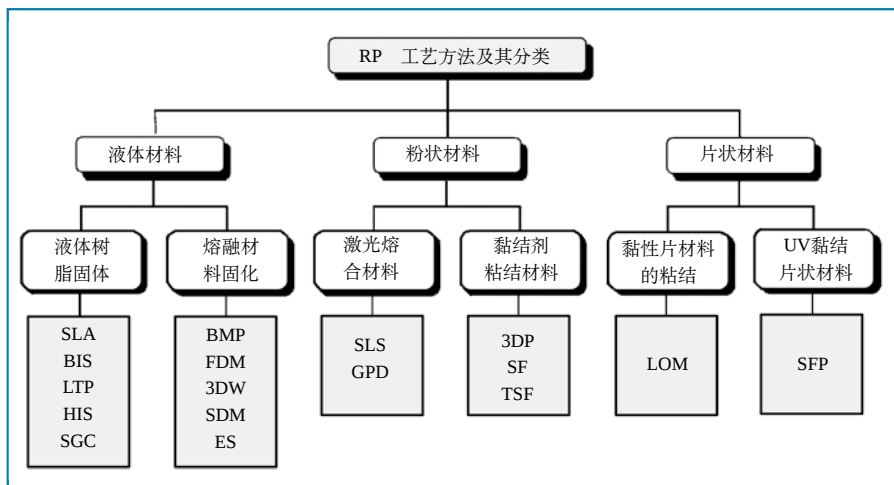


图1 快速成形技术方法

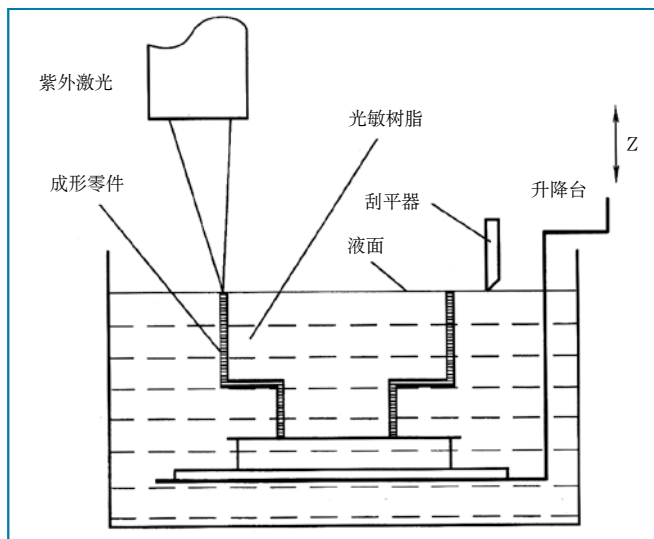


图2 SLA方法工作原理

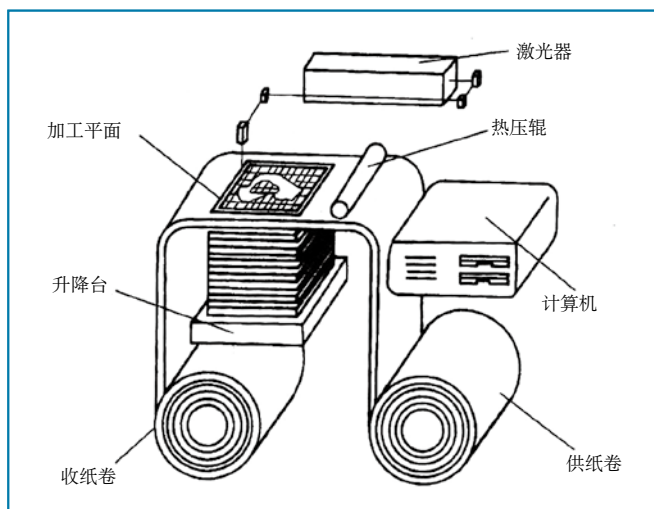


图3 LOM方法工作原理

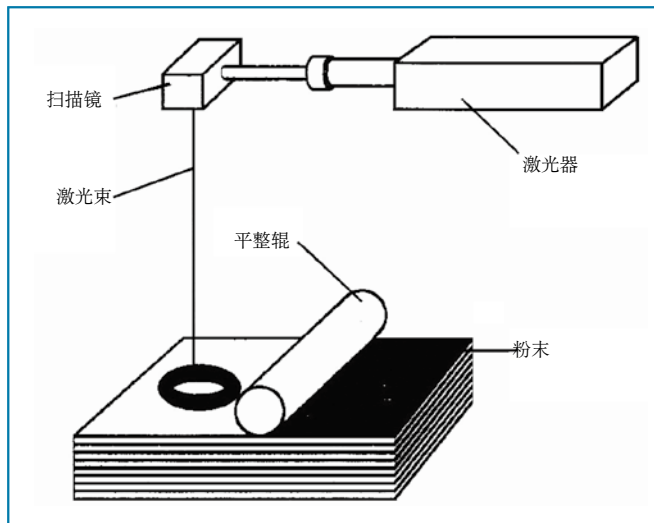


图4 SLS方法工作原理

1 3D打印的主流技术手段

3D打印技术(3D Printing)是快速成形技术(Rapid Prototyping, RP)的一种,也叫做增材制造(Additive Manufacturing)。基本原理是把一个通过设计或者扫描等方式做好的3D模型按照某一坐标轴切成无限多个剖面,然后一层一层打印出来并按原来的位置堆积到一起,形成一个实体的立体模型。快速成形技术使用的方法有很多种(图1),比较主流的方法包括光固化立体成形(Stereo Lithography Apparatus, SLA)、分层实体制造(Laminated Object Manufacturing, LOM)、选择性激光烧结(Selective Laser Sintering, SLS)、熔积成形(Fused Deposition Modeling, FDM)等。

1) 光固化立体成形

光固化立体成形(图2)由美国3D Systems公司在20世纪80年代后期推出。它是在树脂液槽中盛满液态光敏树脂,使其在激光束的照射下快速固化,然后工作台下落一层薄片的高度,进行第二层激光扫描固化,如此重复,直到整个产品成形完毕。

2) 分层实体制造

供料机构将底面涂有热熔胶的箔材一段段地送至工作台的上方。激光切割系统按照计算机提取的横截面轮廓用CO₂激光束对箔材沿轮廓线将工作台上的纸割出轮廓线,并将纸的无轮廓区切割成小碎片(图3)。

3) 选择性激光烧结工艺

选择性激光烧结(图4)采用CO₂激光器对粉末材料(塑料粉、陶瓷与黏结剂的混合粉、金属与黏结剂的混合粉等)进行选择性的烧结,是一种由离散点一层层堆积成三维实体的工艺方法。

4) 熔积成形

熔积成形工艺是一种不依靠激光作为成形能源,而将各种丝材加热熔化的成形方法(图5)。

2 3D打印技术及产业发展

3D打印技术的历史由来已久。1986年,美国3D Systems公司推出了第一款工业化的“3D打印”设备,1990年开始销售,短短几年形成了巨大的市场。3D打印设备应用的方式有两种:一种是大企业为自己的产品开发服务,如波音、通用、福特、戴姆勒-克莱斯勒三大汽车公司、IBM、苹果、丰田等都在应用;另一种方式为大学、研究所甚至由六、七个人组织的服务机构以一台或数台成形机为中心,开展对中小企业的服务。目前,全球有两家3D打印机制造

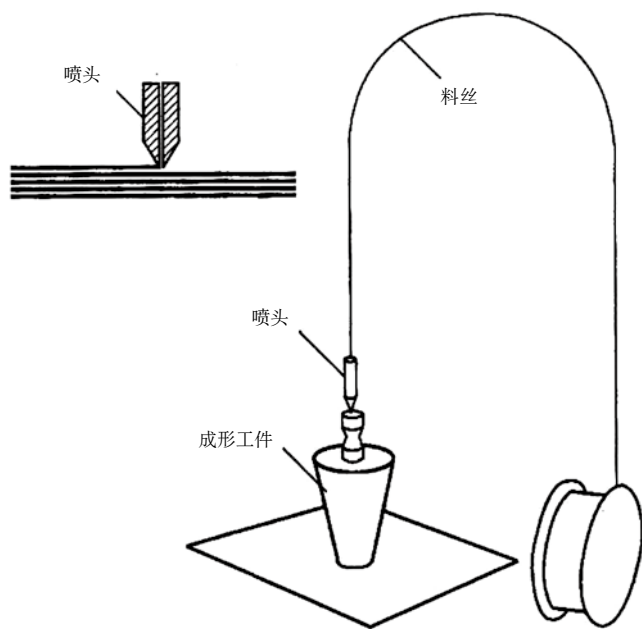


图5 FDM方法工作原理

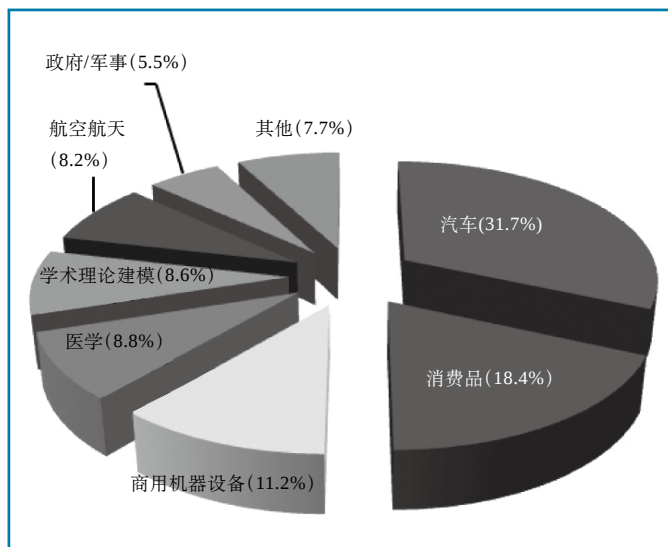


图6 快速成形市场的行业应用份额

巨头,分别为3D Systems 和Stratasys,均为美国上市公司,2011年营业收入分别是2.3亿美元和1.6亿美元。2011年3D打印产业的市场规模为17亿美元。目前,快速成形技术的市场应用份额如图6所示,其中航空航天约占8%。

自20世纪90年代以来,国内多所高校开展了3D打印技术的自主研发,并进行了产业化运作。西安交通大学、清华大学、华中科技大学、北京隆源公司、中航重机激光等院校和企业典型的快速成形设备、软件、材料等方面的研究和产业化获得了重大进展,我国快速成形技术的研究工

作基本与国际同步,但在快速成形技术新设备研发和应用方面则落后于国外。国外快速成形技术在航空领域有超过8%的应用量,而我国在这方面的应用量则非常低。据估计,3D打印设备在我国企业级装机量在400台左右,2010年以来年增速为70%左右,市场规模超过1亿元。

3 3D打印技术在航空领域的应用

欧美已将3D打印技术视为提升航空航天领域水平的关键支撑技术之一。3D打印技术在航空领域的应用主要集中在3类:外形验证、直接产品制造和精密熔模铸造的原型制造等。

1) 国外应用情况

波音公司已经利用三维打印技术制造了大约300种不同的飞机零部件,包括将冷空气导入电子设备的形状复杂导管。目前波音公司和霍尼韦尔正在研究利用3D打印技术打印出机翼等更大型的产品。

空客在A380客舱里使用3D打印的行李架,在“台风”战斗机中也使用了3D打印的空调系统。空客公司最近提出“透明飞机概念”计划,制定了一张“路线图”,从打印飞机的小部件开始,一步一步发展,最终在2050年左右用3D打印机打印出整架飞机。“概念飞机”本身有许多令人眼花缭乱的复杂系统,比如仿生的弯曲机身,能让乘客看到周围蓝天白云的透明机壳等,采用传统制造手段难以实现,3D打印或许是一条捷径。

GE航空在2012年11月20日收购了一家名为Morris Technologies的3D打印企业,计划利用后者的3D打印技术打印LEAP发动机组件。GE把这次收购看作是对新制造技术的投资,认为具备处理新兴材料与复杂设计的工艺制造开发能力,对GE的未来至关重要。

2) 国内应用情况

中航重机激光技术团队早在2000年前后,开始进行“3D激光焊接快速成形技术”研发。目前,中航重机激光产品已应用于我国多款新型军用飞机,并起到关键作用。除了军用飞机,中航重机激光还在开拓整体叶盘应用市场,以及大型水面水下舰艇市场。

北京航空航天大学同我国主要飞机设计研究所等单位通过“产学研”紧密合作,瞄准大型飞机、航空发动机等国家重大战略需求,历经17年研究在国际上首次全面突破了钛合金、超高强度钢等难加工大型复杂整体关键构件激光成形工艺、成套装备和应用关键技术,并已在飞机大型

构件生产中研发出五代、10余型装备系统,已经受近十年的工程实际应用考验,使我国成为迄今唯一掌握大型整体钛合金关键构件激光成形技术并成功实现装机工程应用的国家。2013年1月18日,王华明联合研发团队凭“3D激光快速成形技术”获国家技术发明一等奖。

4 3D打印对生产方式的变革

相对于传统制造业,3D打印使制造模式、流程、供应链等方面发生巨大变化。

1) 定制成为新标准

制造模式上,过去是生产线规模化生产,今后则可能更多的是数字化、个性化、分散化的定制生产,不再需要库存大量零部件,也不需要大量生产。

2) 缩短上市时间

3D打印无需机械加工或任何模具,就能直接从计算机图形数据中生成任何形状的零件,从而极大地缩短产品的研制周期。

3) 更优越的产品性能

3D打印的产品是自然无缝连接,结构之间的稳固性和连接强度要高于焊接等传统方法。

4) 开放式的产品设计

3D打印产品设计者与消费者之间可以通过互动改进产品,这个互动是双向的,消费者也可以自己设计产品。

5) 改变离岸经济模式

3D打印对产品供应链有重大影响,选择生产地时,劳动力成本不再那么重要,而是考虑如何接近消费者,传统过程的供应链就变得短了,使得传统的离岸经济模式得以改变。

5 3D打印产业的未来发展前景

对于3D打印未来的发展前景,业

界普遍看好。作为全国工业的主管部门,工信部准备组织研究制定3D打印技术路线图、中长期发展战略,推动完善3D打印技术规范和标准制定,研究制定支持3D打印产业发展的专项财税政策。据报道,科技与信息化的3D打印相关战略规划也正在研究制定中,近期即将公布。据高德纳(Gartner)公司2012年的新兴技术炒作周期报告判断:3D打印技术目前正在进入概念炒作的高峰阶段,在5~10年的时间内将迎来发展高峰(图7)。

据Wohlers Associates报告分析,全球3D打印产业产值在1988~2010年间保持着26.2%的年均增速。2011年3D打印产业的市场规模为17亿美元,到2016年产业总产值将达到31亿美元,2020年将达到52亿美元,其中零部件制造将占80%。而对于快速成形应用领域,则市场更为广阔。2012年,全世界快速成形制造的产值估计为230亿美元,2015年产值将会达到350亿美元。

3D打印技术要想进一步扩展其产业应用空间,目前仍面临着一些瓶颈和挑战:一是成本方面,现有3D打印机造价仍普遍较为昂贵,给其进一步普及应用带来了困难;二是打印材料方面,目前3D打印的成形材料多采用化学聚合物,选择的局限性较大,成形品的物理特性较差,而且安全方面也存在一定隐患;三是精度、速度和效率方面,目前3D打印成品的精度还不尽人意,打印效率还远不适应大规模生产的需求,而且受打印机工作原理的限制,打印精度与速度之间存在严重冲突;四是产业环境方面,3D打印技术的普及将使产品更容易被复制和扩散,制造业面对的盗版风险大增,现有知识产权保护机制难以适应产业未

来发展的需求。

6 3D打印技术未来发展的主要趋势

随着智能制造的进一步发展成熟,新的信息技术、控制技术、材料技术等不断被广泛应用到制造领域,3D打印技术也将被推向更高的层面。未来,3D打印技术的发展将体现出精密化、智能化、通用化以及便捷化等主要趋势。

提升3D打印的速度、效率和精度,开拓并行打印、连续打印、大件打印、多材料打印的工艺方法,提高成品的表面质量、力学和物理性能,以实现直接面向产品的制造;开发更为多样的3D打印材料,如智能材料、功能梯度材料、纳米材料、非均质材料及复合材料等,特别是金属材料直接成形技术有可能成为今后研究与应用的又一个热点;3D打印机的体积小型化、桌面化,成本更低廉,操作更简便,更加适应分布化生产、设计与制造一体化的需求以及家庭日常应用的需求;软件集成化,实现CAD/CAPP/RP的一体化,使设计软件和生产控制软件能够无缝对接,实现设计者直接联网控制的远程在线制造。

7 航空制造业整合3D打印技术的建议

我国是制造业大国,3D打印技术对中国诸多企业将是颠覆性的变革。我国航空制造业必须未雨绸缪,积极为迎接此技术革命做好准备。

1) 推进“产学研用”结合,拓展应用领域,延伸产业链,提高产业化程度。

2) 改变产品,如研发现有产品的数字版及3D打印所需相应的硬软件。

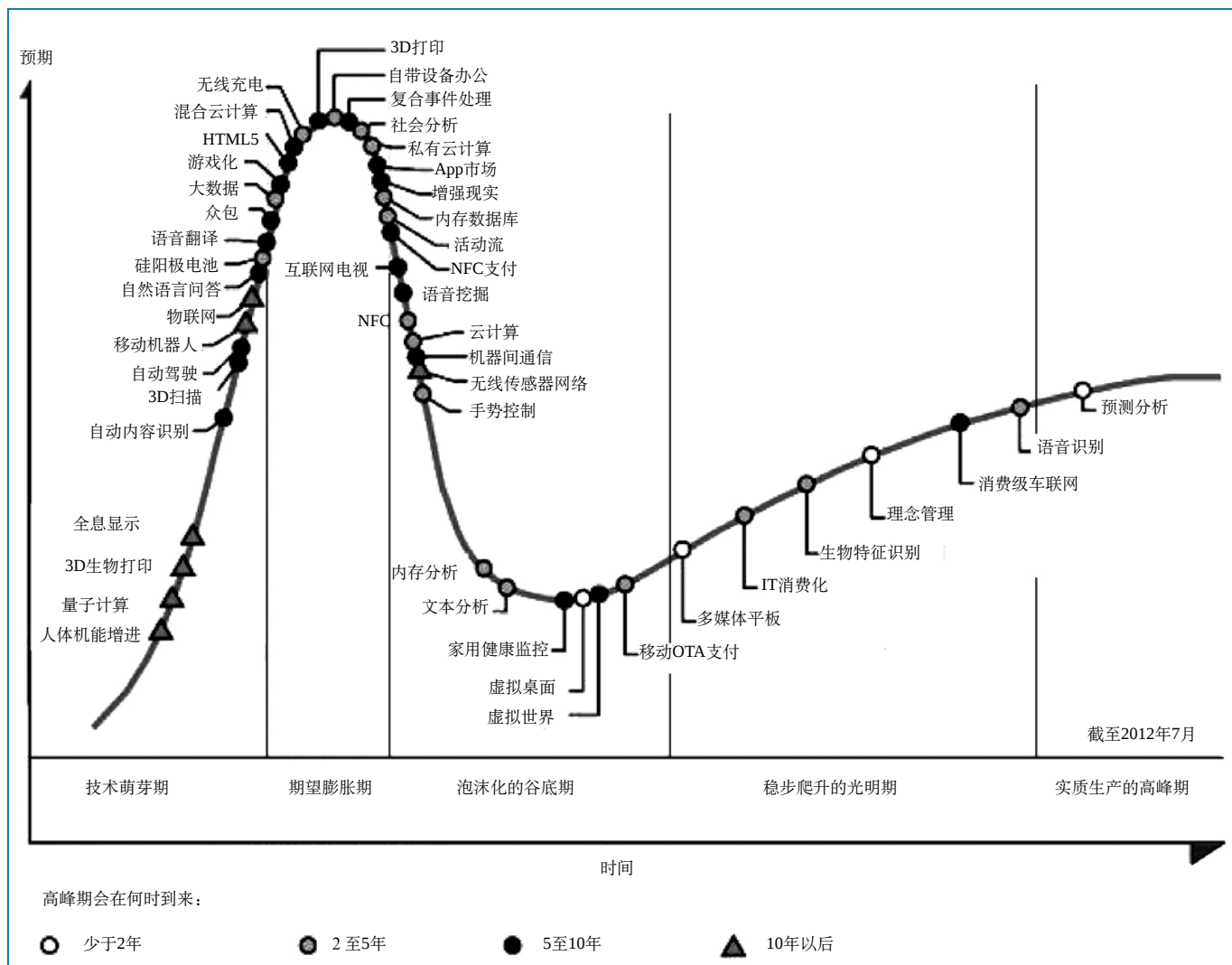


图7 高德纳公司2012新兴技术炒作周期预测

3) 改变制造过程和方法,首先将现有制造系统智能化自动化,并引入3D制造系统,将3D打印的增材和传统的减材制造结合,形成复合体系。因为现有技术不会完全消失,杂交制造体系在今后将会长期存在。

4) 改变商业模式。这一新工业革命要求完全不同的价值获取与盈利模式,及相关的流程设计,资源配置和组织机构的形式。

5) 通过一些资本化运作手段,兼并收购一些具有核心技术的3D打印企业,以核心制造能力和低成本的制

造效率为重点,打造航空企业自身的价值元宝曲线,或许是在这次工业革命中实现快速赶超的有效途径。

AST

参考文献

- [1] Gartner Inc. Hype cycle for emerging technologies 2012[R]. 2012.
- [2] Wohlers Associates Inc. Wohlers report 2012[R]. 2012.
- [3] 王雪莹. 3D 打印技术与产业的发展及前景分析[J]. 中国高新技术企业, 2012(26): 3-5.

[4] 古丽萍. 蓄势待发的3D 打印机及其发展[J]. 数码印刷, 2011(10): 64-67.

[5] 刘厚才, 莫健华, 刘海涛. 三维打印快速成形技术及其应用[J]. 机械科学与技术, 2008(9): 1184-1186.

作者简介

杨恩泉, 博士, 高级工程师, 长期从事航空经济管理、竞争情报、技术创新评价、飞行控制等方面的研究工作。