



▲ 10 月 18 日,由杭州市科学技术委员会、建德市人民政府主办,杭州市科技创新服务中心、建德市科学技术局承办的“建德市碳酸钙产业科技合作洽谈会”在建德市举行。来自清华大学、中国科学院、北京化工大学、四川大学等高校、科研院所的专家与建德碳酸钙行业规上企业进行了技术对接和洽谈。杭州市科委副主任丁永刚,建德市市委常委、副市长李初排参加活动。

资讯 Information

- 03 资讯·创意街
- 04 资讯·前沿
- 06 资讯·微科普

封面故事 Cover story

- 08 杭州:3D 打印技术成长的沃土 严晨安
- 10 浙江省 3d 打印产业联盟成立
- 11 3D 打印技术:第三次工业革命的领跑者 徐冰 吴剑锋

聚焦 Focus

- 15 3D 打印——从虚拟到现实的理想捷径 徐志磊
- 20 生物 3D 打印——打印生命的希望 徐铭恩
- 21 Tips:可以用 3D 打印机制造的人体结构
- 24 第一期创新创业大讲堂讲座生动开讲
- 25 市科技创新服务中心“创新创业诊所”活动启动
- 25 建德碳酸钙企业技术对接洽谈会成功举办

政策 Policy

- 26 关于加强三维打印技术攻关加快产业化的实施意见
- 28 三维打印技术研究计划(2013-2015 年)

探索 Exploration

- 30 增材制造(3D 打印)技术的发展路径探索 何文浩
- 35 3D 打印:先进制造领域的必争之地 王红梅
- 35 TIPS:3D 打印趣闻图说



▲ 10 月 28 日, 杭州市科委与临江高新区加强科技全面战略合作协议签约活动成功举行。杭州市科委党组书记、主任楼健人, 大江东产业集聚区管委会副主任、临江高新区党工委书记、管委会主任楼增明代表双方在活动上签约, “杭州市科技创新服务联络站”和“杭州市高科技投资公司临江工作站”将正式入驻临江科创园运行。

经验 Experience

39 身边的 3D 打印乐园——记杭州先临三维技术创新案例

借鉴 Learn from

47 发达国家 3D 打印的技术前沿和发展方向概览

宦 静

53 国外先进 3D 打印技术案例参考

龙 航

分析 Analysis

58 2013 年度杭州科技进步监测分析

沈悦林

62 2013 年度杭州各区、县(市)科技进步监测分析

沈悦林

杭州科技

HANGZHOU KEJI 2013-总第203期

双月刊

主管单位 / 杭州市科学技术委员会

主办单位 / 杭州市科技信息研究院

协办单位 / 杭州科技信息公司

编辑出版 / 《杭州科技》编辑部

出版日期 / 2013 年 10 月

创刊年份 / 1970 年(1991 年公开)

地址 / 杭州市惠兴路 2 号

邮编 / 310001

电话 / 0571-87024645 87025382

传真 / 0571-87024645 87021663

主编 / 沈悦林

编辑部主任 / 龚 勤

责任编辑 / 严晨安

美工 / 王玛瑛

电子邮件 / hk@hznet.com.cn

印刷 / 杭州恒力通印务有限公司

地址 / 杭州市登云路庆隆横街 28 号

中国标准刊号: ISSN 1004-2652

CN 33-1152/N

广告许可 / 3301004000087

定价 / 8.00 元

编辑委员会

顾问: 徐文光

主任: 楼健人

副主任: 周 军 毛国锋 陈 平 寿伟义

丁永刚 徐 植 徐智伟 林 晔

沈悦林

编 委: (按姓氏笔划)

马伟忠 王 瑛 王志强 王奕鑫

包东根 卢 江 毕建华 陈 泳

林 霄 杨 军 杨俊和 周 皓

郑百成 郑云良 赵新华 项永忠

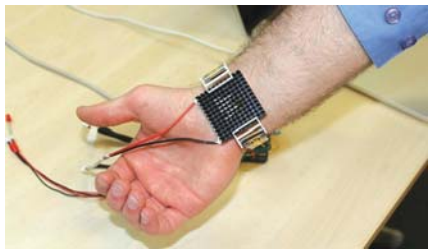
姚建明 姚寿坤 高锦耀 徐长明

谢建英 章正平

本刊已被《中国学术期刊网络出版总库》及 CNKI 系列数据库、万方数据库、维普数据库等收录, 作者文章著作权使用权费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意文章被数据库收录, 请在来稿时向本刊声明。

让人寒暑不侵的“冷暖手环”

研究人员发现,将身体一些特定部位以每秒 0.1℃的速率加热或制冷,即可使全身感觉到几个摄氏度的冷暖变化。这个手环可以以最高每秒 0.4℃的温度变化速率加热或制冷手腕,同时利用温度传感装置实时监测反馈身体温度并调整加热制冷速率,锂电池可使它最多可连续工作 8 小时。这个发明近日获得了麻省理工学院材料科学年度设计大赛 10000 美元的奖励。它将实现在不需要实际改变温度的情况下让人感到舒适,从而节省巨量的供暖与空调功耗。



Nokia 的智能手表

由于小屏幕的限制,Nokia 将智能手表设计成了由几个小屏幕随意组合的模式。与其说是手表,倒不如说是一个手环,不同的屏幕可以显示不同的功能。每个屏幕之间,



也可以进行互动,例如将上面屏幕的内容切换到下面屏幕等。这款产品的核心设计师名叫 Kent Lyons,目前已经有一个原型机了。

可以向医生发信息的药丸

美国公司 Proteus Digital Health 发明出一种电子药丸,每一粒药丸内置一种传感器,当它被病人吞服到口中,进入胃部,药物部分被胃部消化之后,这种传感器便可以使用胃酸产生电力,可以将你体内的信息发送给医生。这种技术被看做是未来医学的希望。



可以调整时差的注射液

科学家找到了大脑中的一种化学物质,可以快速地修复我们身体里的生物钟。小白鼠注射后证明,它们调整时差的能力提高了 2 倍。我们身体里的生物钟是由 2 万个脑细胞组成的,它可以调节睡眠、代谢和激素的产生。血管活性肠多肽就可以同步大脑内这 2 万个生物钟脑细胞,让它们达成一致的新陈代谢和节奏。



创意街

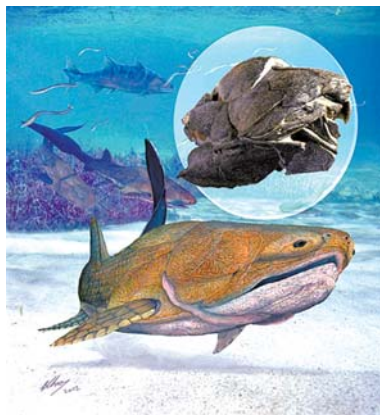
用灯光传输信号的 LIFI 网络

上网还靠 WiFi? No, Lifi 来了! 以后点盏灯就能上网! 复旦大学成功研制出利用屋内可见光传输网络信号的通讯技术。研究人员将网络信号接入一盏 1W 的 LED 灯珠,灯光下 4 台电脑即可上网,最高速率可达 3.25G,平均上网速率 150M。11 月,10 台“Lifi”样机将亮相上海工博会。



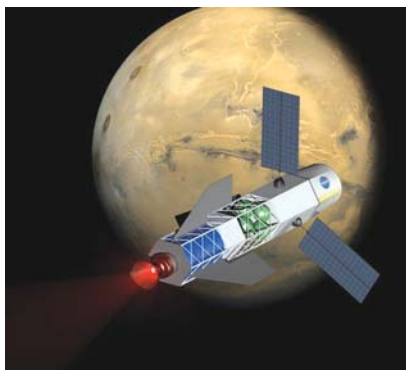
有“脸”的鱼

一个包括中国科学家在内的国际科学家小组在中国一个水库底部发现一种鱼化石，它距今约四亿一千九百万年，是已知最古老的有正面特征鱼化石。科学家们相信该化石是脊椎动物进化过程中“丢失的一环”，为人类进化史研究提供了线索。



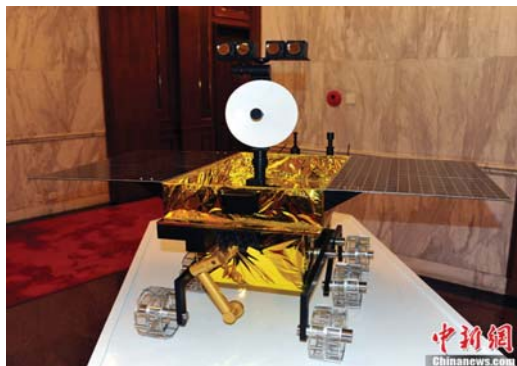
2030 年登火星

美国宇航局的科学家目前正在研究新型核聚变动力，2030 年的火星载人登陆计划中将会使用到这一革命性动力，可极大缩短空间飞行的时间。目前核聚变技术驱动火箭的原理已经在实验室进行了验证，这样的动力系统很可能在短短的 90 天之内完成飞往火星这颗红色星球的旅程。



嫦娥三号月球车面向全球征名

9 月 25 日，嫦娥三号月球车的 1:8 模型亮相展示。当天，嫦娥三号月球车全球征名活动在北京钓鱼台国宾馆启动。嫦娥三号计划 2013 年 12 月发射，将实现中国航天器第一次在地外天体软着陆和巡视探测，是承担月面巡视探测任务的中国第一辆月球车，对中国开展探月工程和深空探测活动具有重大意义。



前沿

太阳系外发现“地球兄弟”

据美国宇航局消息，天文学家近期发现第一个地球大小的岩石行星，这是首次发现与地球如此相似的行星。该行星距离地球大约 400 光年，离所绕恒星的距离不到 100 万公里，地表温度达 2760 摄氏度。图为代号为“开普勒-78b”的行星与地球对照图。这颗行星的质量大约为地球的 1.7 倍；直径约为地球的 1.2 倍。



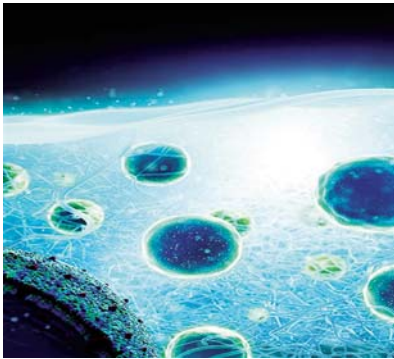
灶神星全貌

美国宇航局曙光号探测器拍摄的灶神星全貌。这张拼接照片使用了曙光号所拍到的质量最高的一系列照片。其南极处有像塔一样的山峰。三个名为“雪人”的相连火山口在图中左上方。



新型光导水凝胶可用作细胞传感器

美国哈佛医学院和几家韩国研究所的科研人员合作,开发出一种感光水凝胶,可作为细胞支架植入活动物体内,使细胞感光,或让光与基因作用产生特殊蛋白质,用于细胞传感器或作为一种光控治疗的新方法。相关论文发表在近期《自然·光子学》杂志上。



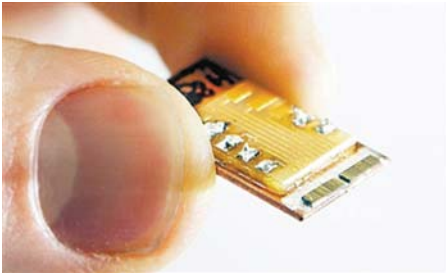
科学家实验室中制造出瓶装的北极光

在美国弗吉尼亚州汉普顿的美国航空航天局 (NASA) 兰利研究中心,科学家在一个名为“Planeterrella”的玻璃容器中再现了迷人的北极光。在这个圆顶的玻璃容器中有一个球体结构,而带电颗粒在磁场作用下发出了灿烂的光——自然现象北极光的形成也是同样的过程。



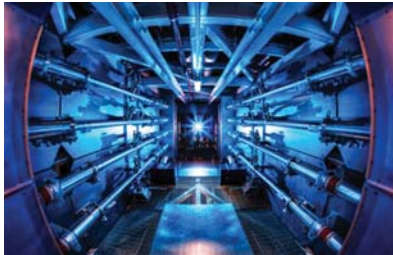
太赫兹量子级联激光器功率达到 1 瓦特

奥地利维也纳技术大学的一组研究人员制造出一种新型量子级联激光器,成功输出了 1 瓦特的太赫兹辐射,打破了此前由美国麻省理工学院所保持的 0.25 瓦特的世界纪录,成为目前世界上功率最大的太赫兹量子级联激光器。这种新型量子级联激光器只有几毫米厚,半张邮票大。它具有一个在纳米尺度上量身定做的半导体层,通过使用一种特殊的融合技术,将两个具有对称结构的激光器结合在一起,能使整个系统产生比单个激光器强 4 倍的激光。



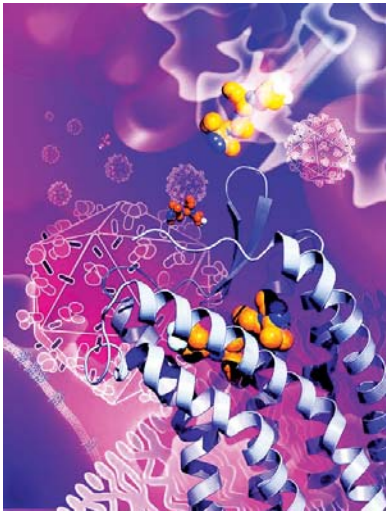
美国“人造太阳”正在地平线升起 距离目标越来越近

劳伦斯·利弗莫尔国家实验室报告称,世界最大激光器、被称为“人造太阳”的美国国家点火装置(NIF)正距离其目标越来越近,代表着一个可持续核聚变反应装置正在由梦想逐步成为现实。不过在设施达到高度稳定前,目前仍有一个显著障碍有待克服。NIF 有能力产生类似恒星内核的热与力,设计初衷本是用来模拟核爆。



科学家“拍下”艾滋病毒“内应”三维照

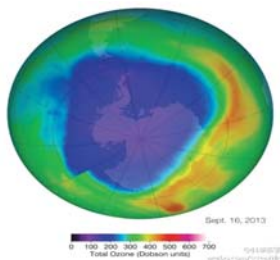
抗 HIV 药物“马拉维若”通过与 CCR5 结合,将其锁定在非活性状态,从而抵制 HIV 感染人体细胞。这些结构信息将帮助我们更准确地理解艾滋病毒感染细胞的机制。9 月,国际顶级学术期刊《科学》在线发表了中科院上海药物研究所的一项重要成果。该所研究员吴蓓丽等人首次解析了艾滋病毒(HIV) 共受体之一——CCR5 的三维结构,为抗艾滋病新药的研发奠定了基础。





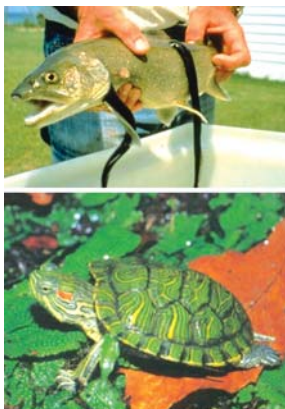
科学探索:

【南极臭氧层空洞达数十年来最小】臭氧层空洞是季节性发生现象,一般从南极洲的春季开始出现(即 8-9 月前后)。2013 年 9 月-10 月臭氧层空洞的平均大小约 2100 万平方公里,而自上世纪 90 年代中期以来的这一平均值是 2250 万平方公里。但这还无法让科学家们确信臭氧层开始出现自我修复迹象。



中华环境保护基金会:

【中国确认 544 种外来生物入侵】23 日在青岛召开的“第二届国际生物入侵大会”上获悉,进入 21 世纪以来,随着全球经济一体化进程加速,中国确认的外来入侵物种已达 544 种,成为世界上遭受生物入侵最严重的国家之一。生物入侵涉及农田、森林、水域、湿地、草地等几乎所有的生态系统。



科学松鼠会:

【环境、基因与心理】@我才是真色人:如果研究对象在一生中并未经历过任何不幸,无论拥有什么样的五羟色胺转运体基因,罹患抑郁症的风险都只有十分之一左右;但在那些遭遇了不幸经历的人身上,基因的作用开始彰显出来——“短型”基因的拥有者,远比“长型”拥有者更容易抑郁。

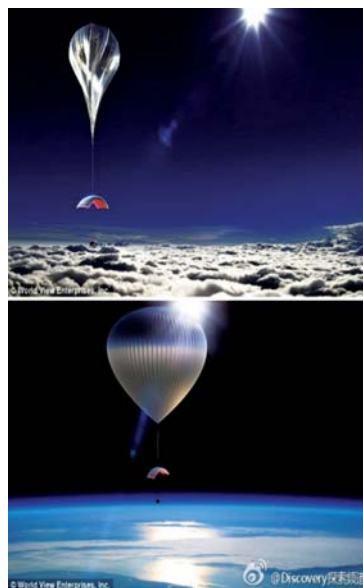


微科普



Discovery 探索频道:

World View 公司宣布,他们打算为普通人(土豪)开发到地球边缘旅游的项目:全程 4 小时,可离地球 3 万米,来回只要 75000 美元,乘客可以在太空舱里一边吃着火锅一边欣赏沿途美景。“放心,我们不会在半空打开舱门让你跳回地球的。”项目负责人开玩笑说。这样的旅游你敢去吗?





21 世纪网:

【人民日报:中央将遴选 100 名具冲击诺贝尔奖潜力人才】“万人计划”作为我国国家级人才工程,由中央人才工作协调小组统一领导,中组部牵头,中宣部、教育部、科技部、人社部等共同实施。计划中第一层次的人才 100 名,为具有冲击诺贝尔奖、成长为世界级科学家潜力的杰出人才。



中国新闻网:

【研究称 PM0.25 至 PM0.50 颗粒物危害更大】复旦大学一研究显示,直径 0.25 至 0.50 微米颗粒物危害更大,对心血管影响尤其不容忽视。专家比喻,“PM10 就像犀牛,撞到人的鼻子上、喉咙上,成了撞击式沉积;PM0.5 就像老鼠,可沿着气流一直扩散沉积到人的肺泡里,危害因而也更大。”



上海科普

上海科普:

【谈家桢逝世】# 科普史话 # 作为我国现代遗传学的奠基人之一,谈家桢的 70 年心血,换来了中国现代遗传学事业从无到有、从弱到强的兴盛之路。谈家桢先生 1980 年当选为中科院院士。1999 年,国际编号为 3542 号的小行星被命名为“谈家桢星”。谈家桢先生 11 月 1 日逝世于上海华东医院,享年 100 岁。



果壳网:

【沧海桑田:特提斯洋的前世今生】在那亘古之时,地球的大洋当中只有一块大陆:盘古。直到二叠纪晚期,这块超级大陆被撕裂开来,慢慢分裂成了两块:劳亚和冈瓦纳。在这两块大陆之间,有一片真正的地中海。它是特提斯洋,也叫古地中海。它曾荣光无比,但它已经消失。



杭州：

3D 打印技术成长的沃土

严晨安

美国科幻作家罗伯特·希克利曾经写过一篇讲述“万能制造机”的小说，故事里的人们带着一台“万能制造机”飞往太空。这是一台奇特的机器，机身上杂乱地安装着刻度盘、小灯和各种指示表。故事的主角阿诺尔德站在机器前，按下按钮，对它响亮而清楚地说：“我要硬铝螺帽，直径为4英寸。”接到指令，机器发出低沉的轰鸣声，灯光闪烁，闸板缓缓打开，眼前赫然出现了一颗闪光发亮已经制好的螺帽。接着，这台机器就像神奇的阿拉丁神灯，为他们送来了活蹦乱跳的大虾、矿泉水、手表和沙拉酱。

你一定会很惊奇：啊！这个科幻作家怎么能预测到3D打印机的发明？！没错，这篇小说的描述，简直跟现在的热门科技名词“3D打印机”如出一辙。

3D打印是什么神奇的东西？与普通的打印有什么不同？简单地说，3D打印就是将物品的3D数据逐层分切，分层打印。打印时，原料粉末会被一层层地用特殊的方法粘合，按照不同的横截面图案固化，一层层叠加，最终完成一个立体的成品。不同的打印原料会生产出不同性质的产品。

杭州是国内3D打印产业发展的领军城市之一。浙江作为制造业大省，有着大量汽车零配件、塑料、五金等行业的企业，天然具备一片3D打印技术使用、创新、推广的沃土，杭州作为浙江省的省会城市，工业与3D打印技术的融合热潮正方兴未艾。



3D 打印产业培育基础扎实

在数字化、信息化时代，大规模单一的产品的生产将会需求越来越少，未来的产品趋势就是小批量、个性化的，3D打印技术的优点很符合这样的需求。

最初，第一批“吃螃蟹”的主要是博世、松下等外资公司，因为他们对3D打印技术的了解更深入、接受程度更高。在他们的带领下，万向、吉利、众泰、海康威视、苏泊尔等一批注重科技含金量的大企业也开始纷纷“试水”3D打印技术。现在，越来越多的杭州企业开始接触和使用3D打印技术。

杭州先临三维科技股份有限公司是3D打印与数字化技术融合创新应用的全国领军企业，十年里，公司从三维成像及激光打印技术起家，发展到提供3D打印与数字化技术装备及服务一体化解决方案，如今已为上百家的杭州企业，近千家的国内外企提供了3D打印与数字化装备及技术服务一体化综合解决方案。

先临三维科技股份有限公司副总经理黄贤清介绍，现在他们公司“每个月至少增加10个以上需要3D打印技术支持的客户。目前，公司在国内外有近千家客户，省内企业300至400家，其中杭州企业100至200家。”

不止企业基础雄厚，杭州的科研力量也十分扎实。

浙江大学、浙江工业大学、杭州电子科技大学、杭州

师范大学等高校与科研单位都在积极地进行 3D 打印关键技术与应用研究。

2013 年 8 月 6 日,杭州电子科技大学举行了国内首款可打印生物材料和活细胞的生物 3D 打印机成果发布会。该校研发的生物 3D 打印机,支持活细胞打印,打印的细胞存活率高达 90%。

用 3D 技术打印出和个人口腔内部结构完全一致的“导板”,在导板上定点需要打牙根的部位,手术时直接套上“导板”就可以实施,能做到完全无偏差,安全高效——这种用 3D 打印技术做出的导板可以应用于各类外科手术,是浙江工业大学首创的技术,在国家产品目录中因为这种新材料而专门做了编录。这种堪称“傻瓜式”的操作方式,让很多基层医疗机构“拍手叫好”。有了它,一些本来无法实施种植牙等相对尖端的手术的基层医疗机构也可以变成老百姓的选择了。

正是杭州这种良好的创业创新环境以及扎实的产业基础,孕育了 3D 打印产业的发展。

产学研携手共破发展难题

3D 产业要高速发展,目前还面临着好几个难题。

第一大难题就是设备贵。逼真的复制技术让 3D 打印机在工业设计、医疗器械制造等领域应用广泛,可动辄上百万元的设备价格,也令打印成本水涨船高。技术成果如何普及于企业?

杭州有一个好例子。在浙江工业大学,拥有三台先进的 3D 打印机,其中一台的价格近 400 万元。它们除了被应用于学术研究外,也面向产业需求提供共享服务。企业不仅可以很便利地使用最先进的技术来进行产品开发,而且还能大大节省产品研发成本。

“企业研发新产品从设计到制作有一个漫长的过程,设计的产品模型要专门去工厂订制开模,价格昂贵。很多加工厂也不愿意承接只是停留在设计阶段的产品个别订单。”浙江工业大学产品创新中心副主任董星涛老师说,“可以控制数量的 3D 打印机就解决了这样的问题,而且可以高精度复制设计图纸。”

现在,很多企业都排队预约使用大学的 3D 打印机。以往制作一个样品,要数次往返工厂选购材料、开模、反复校正产品,现在,企业只要通过 QQ 把相应数据发给学

校的技术人员就行。

第二大问题是企业经常因为缺乏对 3D 打印技术的深入了解而空有机器不会使,甚至于买错了机器,成了摆设。举一个真实的案例,曾经有一家宁波的上市公司,购置了一台 3D 打印机想用于产品开发。购置以后才发现,打印机使用的是纸张纤维,根本无法适用公司强度要求。

这时候,就需要政府和高校携手搭建生产性服务业平台,为企业提供专业化的服务,为企业技术创新提供支撑。

目前,设置在浙工大的杭州市工业设计创新服务平台目前已拥有多功能固体激光加工机、金属模型加工、油泥模型加工、快速成型等各类工业设计模型制作中心设备,并拥有动作分析系统、用户行为观察控制系统等先进人类工效学和用户体验设计研究设备,这都是最贴近企业需求的技术设备,也已经实现了共享。

杭州目前也已经在加快生产性服务业的建设,位于市科委的科技创新服务中心就承担了这一职责,“中心建设要联合全市政府部门所属的科技创新服务资源,加强与著名高校技术转移机构的对接,把服务功能做大做强。”市科委主任楼健人说。

9 月,浙江省 3D 打印产业联盟也已经成立。省经信委副主任邓国强说,虽然浙江从事 3D 打印的企业为数不少,在 3D 打印技术的研发和应用方面也有一定的积累,但仍然摆脱不了小而散的局面。浙江企业接触 3D 打印起步较晚、规模较小,想要靠自身力量打开局面,还有一定的难度。这就需要企业联合高校、科研机构,在技术研发、生产制造、服务应用、市场开拓等方面谋求合作,实现资源共享、优势互补共赢,提升全省 3D 打印的整体竞争力和市场影响力,形成 3D 打印浙江板块,在全国的 3D 打印布局中使浙江省占据重要一席,向全中国乃至全世界发出浙江的声音。

在这样的大环境下,未来杭州 3D 打印技术与工业转型升级融合,一定能发挥出更大的效应。

创新成果亮点纷呈

2013 年 1 月,在国家科学技术奖励大会上,北京航空航天大学教授王华明以“飞机钛合金大型复杂整体构件激光成形技术”获国家技术发明奖一等奖,掀起了新一轮 3D 打印热潮。

杭州 3D 打印企业凭借锐意进取的精神,已经走在了全国前列。

杭州捷诺飞公司 2013 年 1 月刚成立,凭借着过硬的科技实力,开发完成了国内首台生物 3D 打印机,不但可以打印人体组织支架、器官、医疗辅具等,更神奇的是能进行活细胞打印,曾给 NASA 打印了一块人工肝组织来做太空用药的研究。使用自主研发的 bioprinter 设备,用户可以在自主设计、医学影像数据重建、计算机三维模型指导下把生物材料或者活细胞进行 3D 打印,具有打印材料种类多、对细胞损伤小等特点。杭州捷诺飞打印过胚胎干细胞、骨髓干细胞、肝脏细胞、肿瘤细胞等等,人体所有的细胞中除了神经细胞以外,其他的细胞他们都打印过了。

除了杭州捷诺飞生物科技有限公司,还有杭州六维齿科医疗技术有限公司,已从事为口腔数字化牙种植提供 3D 打印服务多年;杭州铭展网络科技有限公司,在国内较早地进入桌面级 3D 打印机领域;浙江冶金研究院和乐道战略材料有限公司,积极进行金属与树脂 3D 打印材料开发。

更不用说,杭州的万向电动汽车、众泰、苏泊尔、九阳等汽车及零部件、机械、电子电器、电动工具、家电、模具、医疗器械、文化创意等行业的企业都用上了 3D 打印机。甚至连很多高校、职业技术学院的老师与学生们制作毕业设计作品不再是手工制作,而是 3D 打印的了。

未来,3D 打印制造出来的产品,将离普通人的生活越来越近,甚至于产生深远的影响。从医疗卫生到车马家电,从创意产品到高复制性艺术品,杭州的 3D 打印企业都将努力开拓创新。■

浙江省 3D 打印产业联盟成立

为联合浙江省 3D 打印技术上下游资源,推动形成“设计—材料—制造—应用”协同创新产业链,促进产学研合作交流,9 月 25 日上午,由浙江省经信委联合浙江大学、浙江工业大学等权威科研机构 and 3D 行业领先企业共同发起的浙江省 3D 打印技术产业联盟正式宣告成立,标志着浙江省 3D 打印产业迈入了崭新的发展阶段。

省经信委邓国强副主任出席联盟成立仪式并致辞。他表示要积极推进、务实筹划我省 3D 打印产业的发展,做到产业协同、融合发展,在整合多方资源的基础上,实现合作共赢。

联盟理事长李涛宣读了联盟宣言,联盟“研发工作组”和“应用服务工作组”发布了未来三年的工作计划。

浙江省 3D 打印技术产业联盟旨在积极推动 3D 打印与数字化技术在各领域的应用,助推区域经济升级版。目前,联盟拥有打印设备研发制造企业、打印材料研发生产企业、提供打印服务的企业、主要科研院所等 40 余家单位。

研发工作组以浙江大学领衔,计划至 2015 年,基本建成 3D 打印技术创新体系和产业链,并在工业级 3D 打印机产业化开发和 3D 打印专属新材料研发方面有所突破。

应用服务工作组,则以在工业制造、医疗、文化创意等不同领域提供 3D 打印服务综合解决方案的公司等组成,在文化创意领域,推进科技与文化的深度融合,在工业制造领域,组退企业新产品开发转型升级,在生物医疗领域,提高医疗诊疗与服务水平。到 2015 年底,建立基本覆盖全省所有市县的 3D 打印应用服务体系。■



3D 打印技术： 第三次工业革命的领跑者

徐冰 吴剑锋 浙江工业大学 浙江工业大学屏峰校区

2012 年,XPRIZE 公司的 CEO Diamandis 博士在谈到未来电子及工业创新时,重点提到了 3D 打印技术。在 2013 年的意法半导体传感器设计大赛中,获得最高奖的西电代表队的作品外形也是用 3D 打印技术制造出来的。在中国北京 DRC 基地的首家 3D 打印体验馆里,只要有一台 3D 打印机和相应的扫描仪等设备,十几分钟就可以出炉缩小版的人像。瞬间造成“克隆人”,已不再只是停留在好莱坞科幻片中的场景了,而是成为可以看得见,摸得着的现实世界了。在更早开始使用 3D 打印机的欧美等发达国家,目前 3D 打印的功能近乎魔幻化——小到人体的心血管组织,大到高层建筑或飞机外壳,3D

打印几乎无所不能。在 3D 打印技术不可思议的背后,是其对整个传统制造业流程的颠覆,一场前所未有的技术革命即将到来。

目前,3D 打印技术依托多个学科领域的尖端技术,在航空航天、汽车摩托车、家电、生物医学等领域得到了一定应用,发展前景广泛。英国《经济学人》杂志在《第三次工业革命》一文中,将其称为第三次工业革命的重要标志之一。在 3D 打印技术得到广泛运用的情况下,传统制造业也许不再运用企业这种将人力、资金、设备等生产要素大规模集中化的生产方式,而转变为一种以 3D 打印机为基础、更加灵活、所需要投入更少的生产方式——社





图 1 利用三维打印机制作的彩色玩偶

会化制造(Social Manufacturing)。面对这一新的生产方式变革,以美国的“重振制造业计划”为例,西方发达国家陆续开展类似的研究以推动其“再工业化、再制造化战略”,掀起新一轮的数字化制造浪潮,以3D打印为代表的增材制造技术已成为国际制造业关注的热点。

3D 打印技术的基本原理

所谓的3D打印,即与传统二维打印相比,其最后的成品不是二维图样,而是一个真实的三维物体。3D打印技术是传统的二维打印与分层制造工艺相结合的产物,是快速成型制造技术的一个重要组成部分,其基本原理与快速成型制造类同。其工作实质是一个“三维电子模型——二维数据——三维物理模型”的转化。基本流程如下:

(1) 由CAD软件(如Unigraphics,Pro/Engineer,AutoCAD等)生成实体的三维几何信息,然后根据工艺要求,按照一定规则将该三维实体模型离散为一系列有序的单元,通常在z向将其按一定厚度离散成一系列的二维层片。

(2) 在层片信息中添加实体的材料信息。

(3) 通过打印驱动程序,要经过一个数字半色调的过程将连续的材料组分信息,转化成可印刷的离散材料信息,并产生打印指令。

(4) 最后打印机就可以根据系统所给的几何路径和材料组分信息,在打印平台上打印给定的层厚,即打印一个剖切面,完成一层之后,再打印接下来的一层,这样层

层堆积叠加,得到三维实体。

打印结束后,进行除粉、烘干等后处理,同时可以将蜡、环氧树脂或其他材料渗入原型材料中,以提高原型件的强度和使用寿命。此外,还可以进行抛光、油漆、着色、电镀等。通常而言,对简单零件而言,后处理阶段所需时间在10分钟内。

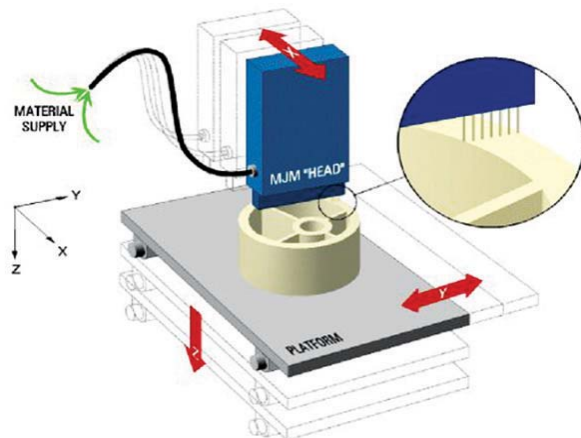


图 2 3D 打印机工作的基本流程示意

3D 打印的技术特点

3D打印技术是目前快速成型行业中最有生命力的技术,其主要特点如下:

(1) 由三维CAD模型直接驱动,在一定程度上实现了设计制造一体化。

(2) 高度柔性。这种制造方式不受零件的形状和结构的任何约束,使复杂模型的直接制造成为可能;除了可以表现出外形曲线上的设计,对于结构以及运动部件的表现也不在话下。如果用来打印机械装配图,齿轮,轴承,拉杆等都可以正常活动,而腔体,沟槽等形态特征位置准确,甚至可以用于测试装配公差的设计合理性,打印出的实体还可以通过打磨,钻孔,电镀等方式进一步加工。同时粉末材料不限于砂型材料,还有弹性伸缩材料、高性能复合材料、熔模铸造材料、金属材料等其它材料可供选择。

(3) 缩短新产品的研制周期,降低研发成本。三维打印技术可以自动、直接、快速、精确地将设计思想转换成真实的产品模型,从而可以对正处于设计阶段的产品做出快速评价、修改及功能试验,这样既有效地缩短了产品

的研发周期又降低了经济损耗。

但由于该技术还处于初级阶段,它还存在很多不足之处,例如对用来打印的材料有一定的要求,到目前为止,它使用尼龙粉末、塑料、陶土或金属等材料进行打印,所以它所能打印出的三维实体大多还只是实物的模型,不能直接对其进行应用。

3D 打印的技术发展史

3D 打印机普遍采用快速成型技术,到目前为止,已有十几种不同的快速成型技术方法问世。其中比较典型的有分层实体制造(也称叠层法 LOM—Laminated Object Manufacturing)、选择性激光烧结(SLS—Selective Laser Sintering)、立体平板因素印刷(也称为光固化 SLA—Stereolithography)、熔融沉积制造(FDM—Fused Deposition Modeling)、掩模固化法(SGC—Solid Ground Curing)和三维印刷法(3DP—Three Dimensional Printing)。

生产 LOM 系统的主要制造商有美国的 Helysis 公司、新加坡的 KINERGY 公司、日本的 KIRA 公司以及国内的清华大学、华中科技大学等;生产 SLS 系统的主要制造商有美国的 DTM 公司、德国的 EOS 公司以及国内的北京隆源公司、华中科技大学等;生产 FDM 系统的主要生产商有美国 Stratasys 公司及国内的清华大学等;生产 SLA 系统的主要制造商有美国的 3Dsystems 公司、德国的 EOS 公司以及国内的西安交通大学等。另外,一些

其他的方法如三维喷涂粘接 3DPG、数码累积造型 DBL、立体光刻 SGC、直接壳法 DSPC、喷墨打印、全息干涉制造、弹道微粒制造、光束干涉固化等都有一定研究规模。

另外,有些 3D 打印机采用数字半色调技术,数字半色调技术是基于人眼的视觉特性和图像的成色特性,利用数学、计算机等工具,在二值设备或有限灰度级别设备上实现图像再现的一门技术。它将连续色调图像经过处理后输出,即将具有连续色调的原始图像转化为离散的二值(0 或 1)阵列,并通过打印机在介质上输出此二值阵列来实现图像阶调的再现。对于三维打印机而言,它在打印过程中也需要这一转化过程,只是在操作过程中将颜色信息转变成了材料信息而已。

在欧美等发达国家,3D 打印技术的应用已较为广泛,大到飞行器、赛车、小到服装、手机外壳、甚至是人体组织器官,各领域或多或少都借着 3D 打印的东风,焕发出新的生命。目前 3D 打印技术已成为国外研究空间飞行器的关键技术。美国总统奥巴马在最近的国情咨文演讲中多次强调 3D 打印技术的重要性,称其将加速美国经济增长。美国政府将人工智能、3D 打印、机器人作为重振美国制造业的三大支柱,其中 3D 打印是第一个得到政府扶持的产业。据悉,美国国家航空航天局正在研究一项被称为“未来 3D 打印宇宙飞船”的技术,希望通过 3D 打印,制造出“廉价的机器人宇宙飞船”,奥巴马政府已经在俄亥俄州重点投入建一个专门整合国家资源的研究所,以加大 3D 打印技术的研究和应用力度。事实上,在美国,价格低、操作简便的小型家用 3D 打印机已到了“每 4 公里范围内有一台”的普及程度,其购买量不断攀升。近 10 年,三维打印机开始快速发展,比较有代表性的生产商包括德国 Eos 公司、美国的 3D SyStem 公司、Z Corp 公司等。

我国的 3D 打印技术自 1990 年代初就有多所高校开始自主知识产权的快速成型技术研发,清华大学、西安交通大学、华中科技大学等高校和科研机构相继研发出多种系列的 3D 打印机,部分技术已达到世界领先水平,取得了令人瞩目的科研进展。如华中科技大学史玉升教授的研究团队开发的 1.2 米 * 1.2 米的“立体打印机”(基于粉末床的激光烧结快速制造装备),是目前世界上最大



图 3 3D 打印技术在产品装配、器官模拟、艺术创造方面的应用

成型空间的得到工业应用的 3D 打印机，远远超过国外同类装备水平。

但是由于资金投入、研发水平等因素的限制，国内的快速成型设备在运行的稳定性等方面与国外设备有一些差距；材料问题一直是快速成型技术的核心问题，与国外提供的材料品种及其性能相比，还有着一定的差距。

产业化前景：潜力难以估量

放眼全球，我们发现，3D 打印技术研发成为了又一次世界性科技角逐。3D 打印被很多人认为是“第三次工业革命”的一大核心和技术领导者。《国际增材制造行业发展报告》显示，3D 打印技术 2011 年全球直接产值为 17.14 亿美元，年增长 29.1%。目前全球两家 3D 打印机制造巨头 Stratasys 和 3DSYSTEMS 均在美国纳斯达克上市，2011 年营业收入分别为 1.7 亿美元和 2.9 亿美元，2012 年股价分别翻了 2 倍和 3 倍。

据评估，目前全球 3D 打印市场一年的市场总量不过 20 亿美元，而国内只有不到 2 亿元人民币。

3D 打印机在中国国内近两年增长很快，企业级装机量约为 400 台，年增速均在 70% 左右。预计到 2015 年全

球市场规模将超过 30 亿美元。而随着技术的不断发展，未来国内 3D 打印市场也将是十分广阔的。

但 3D 打印技术并非没有软肋。与传统工业铣床低至 5 万美元的成本相比，工业规模的 3D 打印机高达几十万甚至逾百万美元。此外，打印批量小物件依然要消耗数小时甚至一天多，因此尚不适用于大规模生产。目前 3D 打印技术在我国主要应用于产品研发，且制造成本高、制造效率低、制造精度无法令人满意。就目前的形势来看，3D 打印技术尚不具备取代传统制造业的条件，在大批量制造等方面，高效低成本的传统减材制造法更胜一筹。不过，随着生产速度和质量的不断提升以及打印装置和材料价格的下降，越来越多的工业部件将被打印出来，而不是被冲压或烧铸出来。

第三次工业革命将会由大规模制造转向个性化生产，社群协同制造的关系会改变制造流程，打破跨国代工产业链。1912 年前后出现的科学技术——电气化、电话、汽车时代的萌芽、不锈钢和无线电放大器的发明都推动了经济的增长，然而即便这样，当时的人也无法预测到这些科技发明所产生的革命性力量。

3D 打印技术未来能否继续扮演新一轮产业革命的主角，我们拭目以待。不过我们坚定的认为，随着科学技术水平的不断发展，3D 技术的应用必将是无穷的。■



专家名片:

徐志磊,中国工程院院士。曾任中国工程物理研究院总工程师,现任中国工程物理研究院专家委员会委员、研究员。他是我国核武器工程设计专家,对我国第一代核武器和新一代核武器的设计和制造作出了重要贡献,曾获国家特等奖二项、国家科技进步二等奖和首届中国工程科技奖。



3D 打印

——从虚拟到现实的理想捷径

徐志磊

3D 打印技术虽然早在 20 年前就已经起步研究,但直到近年才被频繁提起,成为了一个热门科技名词,为什么?因为随着近年来计算机技术和网络技术的不断发展,3D 打印技术才越来越接近“想要什么就打印什么”的设想,才真正展示出这项技术的价值。美国之所以提出“3D 打印”是“第三次工业革命”的重要内容,就是因为看到了 3D 打印技术的价值——它能实现制造业从大规模生产向个体生产的转变。习近平主席、李克强总理也曾表示,要大力扶持和发展 3D 打印技术。

◆◆◆ 什么是 3D 打印技术

3D 打印,又称增材制造(AM),被誉为“一项将要改变世界的技术”。

3D 打印的制造技术与传统的制造技术是完全不同的。从石器时代到青铜时代,再到铁器时代,直至现在的“硅材料时代”、“纳米时代”,简单地说,传统的制造技术都是先制造一个毛坯,然后把制造材料(铁、铜等)放入铸具制造而成。在精制的过程中,人们需要在许多原料上进行“雕刻”,把需要的部分留下,不需要的部分丢弃,这种制造方式是对资源的极大浪费。而 3D 打印技术则是把原材料变成粉末、液体,在计算机的控制下,“只喷出需要的部分”,完全不损失原材料,生产技术存在着革命性的改变。

形象地说,3D 打印就是 2D 打印沿着高度方向逐层叠加,形成一

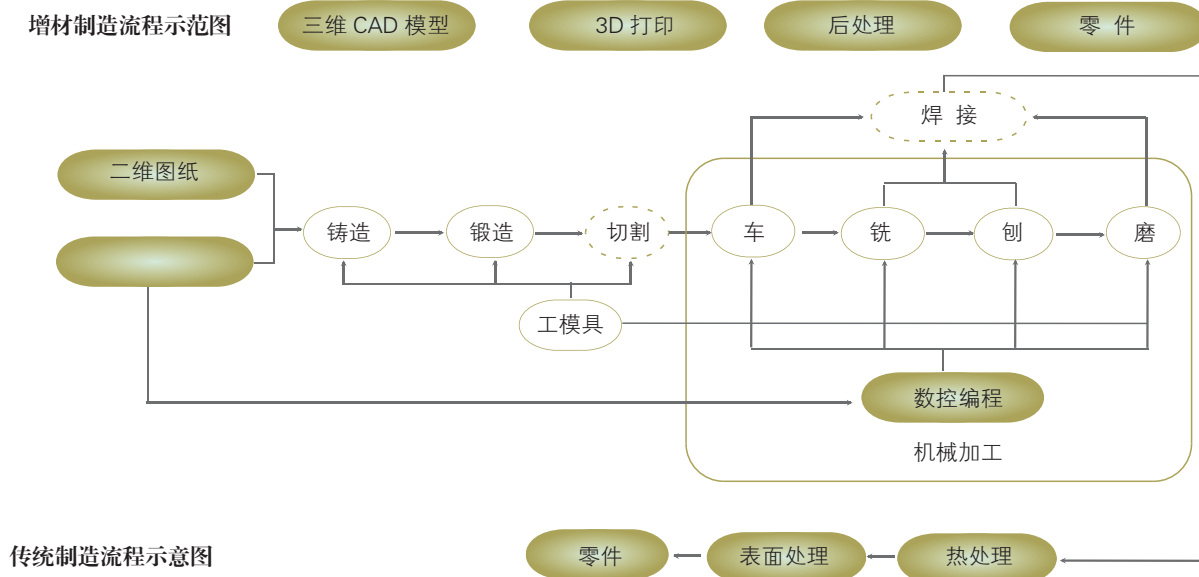


图 1 3D 打印制造流程与传统制造流程对比图

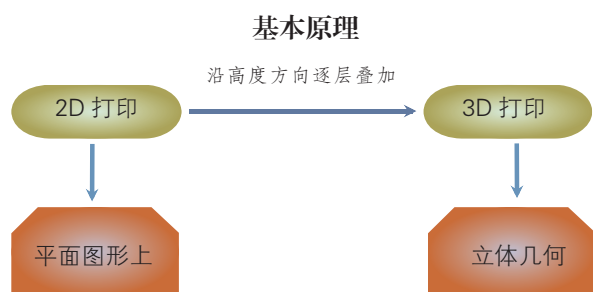


图 2 3D 打印的基本原理

个立体的几何图形。首先,要在计算机中输入详细的数据,设计 3D 模型。然后,计算机自动将 3D 模型的数据进行分层,就像人们检查身体做 CT 扫描一样,形成 N 个单层图像。最后,3D 打印机根据这些分层图像数据,一层一层将材料叠加上去,形成一个立体物品。

回顾 3D 打印技术的发展历程,虽然短暂,但发展速度极快。1980—1990 年,是 3D 打印的诞生阶段。美国人霍尔从模型快速制作的需求出发,创新了“快速成型”技术。1991—2000 年,3D 打印技术进入了快速发展阶段,衍生出了 SLA 立体光固化成型、SLS 选区激光烧结成型、FDM 熔融沉积制造、LCM 分层实体制造、3DP 三维打印等技术。2001—2009 年,3D 打印领域进入了工业应用与技术标准形成阶段。在工业应用上,3D 打印技术覆

盖了产品设计、研发和制造的全部环节。2009 年美国 ASTM 成立了 F42 专委会,将各种快速成型技术统称为“增材制造”技术,在国际上取得了广泛认可。2010 年以后,3D 打印技术已经进入了普通百姓的话题,而 3D 打印的成果更是被推广应用到各个工业领域——航空航天、生物医疗、个性化消费、注塑模具、再制造……新兴增材制造技术也已经细分发展出各个更精确的技术领域,如金属零件增材制造、微光固化成型、高精密数字化光成型、数字化材料 3D 打印等。

◆◆ 3D 打印技术的独特优势

3D 打印技术的优势,用四个字来概括,就是“快”、“柔”、“廉”、“绿”。

“快”:数小时至数十小时就能完成一件个性化定制模型(零件、产品),完全不需要浪费做模具、准备板材等复杂过程的时间。

“柔”:不是软的意思,而是柔性化、适应各种需求的意思。“不怕做不到、就怕想不到”,只要你能设计出 3D 数字模型,3D 打印机就能帮你打印出实体成品来。

“廉”:3D 打印因为其短流程、低人力成本、无模具的特点,在简化生产的同时,势必可以降低生产成本。

表 1 3D 打印典型技术种类优缺点对比

技术名称	技术优点	技术缺点
SLA 光固化成型	精度高、表面质量好	成本高、易变形、后处理较复杂
SLA 选区激光熔融	成型精度较高、表面质量较好、材料适用范围广	成本较高、后处理较复杂
FDM 熔融沉积制造	后处理简单、成本低、易推广	强度较低、精度较低
LOM 分层实体制造	速度快、强度较高	精度低、后处理非常复杂
3DP 三维打印	速度快、全彩色、成本低、易推广	精度低、强度低、后处理较复杂
LENS 激光工程近净成型	尺度大、高致密、强度高、可使用任意金属材料	成本高、精度低、表面质量差、后处理较复杂
EBM 电子束熔融	高致密、强度高、可使用任意金属材料	成本高、精度低、表面质量差、后处理较复杂

然而目前,3D 打印由于耗材成本较高,制造一个零件的成本仍然不低,但随着技术的发展、耗材的创新,势必能将 3D 打印使用费降下来,让它成为一个真正廉价又快捷的生产技术。

“绿”:绿色制造的核心在于“省材、节能、降耗”。在传统制造业中,人们需要准备超过所需量的原料来打造毛坯,然后将毛坯切割雕琢至想要的状态,在这个过程中,大量原料变成了“边角料、废品”而被浪费掉。而在生产过程中,一些需要高温锻造的工业制品往往要用到高大的锅炉,这需要大量燃料与能源支持。使用 3D 打印,将大大避免这些浪费。

◆◆ 3D 打印技术的实用化能力

目前,现有技术在实用化方面所具备的能力主要包括以下几个方面:

第一,能够快速打印产品原型或模型。这是 3D 打印出现 20 多年以来,一直深入研究的基本功能。由于耗材的限制(主要为塑料类材料),在工业上多用来打印“模型”,而非“原型”。打印出塑料模型之后,工厂可以将模型直接进行翻模、铸造,继而投入生产。

第二,能够快速打印非金属工程零件。即直接用塑料(聚合材料)打印工程零件。

第三,能够快速打印金属功能件或结构件。简单地说,是直接金属粉末打印立体模型。比起用塑料或者蜡耗材,金属粉末的熔合与控制要复杂得多。

第四,能够快速打印医用植入体内。未来,人体的骨骼、皮肤、肌肉都有可能采用 3D 打印技术进行“制造”。以牙齿打印技术为例,现在,这项技术已经比较成熟地应用于医疗领域了。用 PEEK 这种特殊材料打印的结构,不但强度好,更与人体有良好的相容性,可以安全地植入肌肉和骨骼。而每个人都具有不同的骨骼形状、结构,只要结合三维扫描技术,就能精确地制造出牙齿、骨骼等 100%适用的植入体。

第五,能够快速打印复杂砂型铸模。由于 3D 打印的特性,将大大改进复杂砂型铸模的制造过程。

第六,能够快速打印复杂精密蜡模。这项工艺目前越来越多地应用于制造航空发动机的叶片制造。

新产品开发领域是 3D 打印技术最广、最早的应用领域。在新产品的研发制造中,通常生产成本的 80%是在设计阶段产生的。设计阶段是控制成本的重要环节,一流企业在产品设计早期,就会使用 3D 打印设备快速制作足够多的模型用于评估,不仅节省了时间,而且增加了设计缺陷被筛查出来的概率。

在军事国防领域,有一句玩笑话,是这样的:“没有枪没有炮,3D 打印给我们造。”虽然是一句玩笑话,却真实地反应出了 3D 打印在变革武器装备研制模式上的贡献。有了 3D 打印技术,武器的研制就而已集概念设计、技术验证、生产制造于一体,显著缩短武器研制周期,加速装备更新换代。另外,还能显著降低武器研制成本,大大提升材料利用率。举个例子,歼 10 战斗机的研发周期

达到 10 年之久,而歼 15 的研发周期却缩短到了 3 年。

在航空航天领域,许多结构复杂、精度要求高的零件早就开始使用 3D 打印技术生产。比如涡轮发动机的叶片,使用 3D 打印技术完全制造出来的具体时耗为:3D 加工成型需要 6 小时 44 分钟,热处理需要 19 小时,抛光和机械加工需要 6 小时,合计需要花费 2-3 天完成一个成品。但传统加工时间却需要整整 12 周。另外,3D 打印生产涡轮叶片的成本比传统技术降低了 80% 之多。

在生物医疗领域,虽然近年来频频爆出 3D 打印可以制造人类的血管、肝脏等器官的新闻,但目前这类生物打印技术仍然处于实验室阶段。在医学上使用得比较广泛、技术比较成熟的 3D 打印应用实例主要集中在齿科(打印牙冠、牙桥、种植体等),骨科(打印髋关节、膝关节、肩关节、踝关节、脊柱、外伤固定等),医疗器械(打印机械设备、仪器、内窥镜、手术工具等)三个方面。

在文物保护领域,3D 打印能够快速低本地精确复制珍贵文物,这样既满足了人们的餐馆需求,又降低了珍贵文物的被盗风险,为文物保护提供了一种新手段。在电影《十二生肖》中,成龙利用三维扫描与三维打印技术队兽首进行了快速复制,制造了一个以假乱真的艺术品。这样的情节,未来将从电影中变成现实,文物保护工作将得到迅速发展。

在教育领域,3D 打印就是满足创新开发的有力工具,只要想得到,就能做得出来,能够无限发挥人类的想象空间。美国总统奥巴马计划为美国 1000 所学校配备 3D 打印实验室,用于培养中小学生的创新理念和意识。我国也已经有许多学校开始着手建立类似的增材制造实验室。

在设备维修领域,3D 打印能够生产、制造各种设备零件。对于已经停产的零部件,可以利用逆向工程技术快速得到相应的三维 CAD 模型,然后利用 3D 打印制造出来。这种应用正在逐年大幅增加,因为对于数十年前

建造的汽车、飞机、国防及其他设备而言,没有 CAD 图纸和相应模具,甚至设备供应商有可能已经倒闭,相关设备备件已无法获得,在此情况下,可以说,3D 打印将成为“救星”。

另外,3D 打印在建筑领域、汽车领域、文化创意领域等也发挥着巨大的作用。

◆◆◆ 3D 打印技术的变革与前沿发展

可以说,3D 打印技术对社会发展存在着潜在的变革与深远的影响。

它将变革制造模式——个人制造将越来越流行,降低了制造业对低成本劳动力的依赖。

它将变革设计模式——设计不再被成本和工艺水平所限制,能真正面向创新、面向性能最优化。

它将变革创业模式——以后创业不再需要传统的厂房等基础设施,也不需要投死上提供启动资本来够来购买大型设备的工模具。基于 3D 打印的创业场最重要的“资本”将变成具有创新意识的技术人员。

它将变革生活模式——人们可以按照自己的意图享受自己的生活,3D 打印将搭起一座从幻想到现实的桥梁。

它将变革医疗模式——个性化医疗定制或人体器官复制将不再是普通老百姓难以享受到的“特权”,医疗效率更高,许多现在难以攻克的难题,未来将不再困扰患者。

它将变革消费模式——个性化消费与定制服务的模式,将实现家庭 DIY 的消费方式。

将 3D 打印作为一种全新的材料合成方法,用于新材料开发,可明显缩短新材料的研制进程,具有短流程、低成本、真绿色、灵活高效、材料制备与零件成型一体化的优势。因此,许多前沿制造业都开始纷纷把目光投向 3D 打印技术领域,典型的前沿方向包括以下几个方面:

微孔泡沫金属材料制备与成型:基于传统的熔体发



泡原理,利用3D打印的逐层生长和激光的快速熔凝特性,实现激光原位微区发泡效果。由于采用微米尺度的发泡剂粉末,理论上可以形成微米级的孔洞,而且每一层形成的微孔可以沿成型方向呈外延生长态势,从而油网获得相互贯通的微米级孔洞。

特殊合金材料高效合成与精确成型(国防军工):许多军用产品是高价值、高复杂性和低产量的,甚至有些是独一无二的订制品,这就需要制造业持续更换零件,如无人驾驶飞行器、军人的轻重量装备和盔甲、便携式电源设备、通讯设备、地面机器人等。这些部件将最有机会转化成为3D打印制造。预计在未来10-12年内,军方将会成为3D打印技术的主要使用者之一。

特殊合金材料高效合成与精确成型(核能领域):钕合金材料、皮铝合金等材料具有独特的综合性能,在核能领域具有重要用途。尤其是钕合金还被列为下一代核能领域的理想候选材料。但这些材料资源稀缺、价格昂贵、制造工艺稳定性差、材料浪费巨大,迫切需要找到一种高效、先进的绿色制造技术,在这方面,3D打印具有独特优势。目前,核能领域的特殊合金材料高效合成与精确成型相关基础研究已经展开。

特殊合金材料高效合成与精确成型(功能和金):记忆合金、阻尼和金等具有特殊用途,附加值高,但往往传统加工方法存在结构适应性差、制造成本高、材料利用率低等问题。利用3D打印,未来则几乎可以实现等量成型地制造,既能大幅提升材料利用率,又可以实现让产品具有更快的响应速度和加工柔性。

生物材料制造:未来3D打印的应用方向主要面向可降解生物材料、硬组织替代材料、人工器官直接打印、肉制品打印(现代牧场)、个性化定制药丸等方向。

◆◆ 3D 打印技术发展仍面临众多挑战

首先是精度与效率的挑战。增材制造是用材料一层层堆积成型的,每一层都有厚度(数十微米),这决定了它的精度目前还难以企及传统的减材制造方法,为提高精度,则需要不断降低每一层的厚度,这意味着技术难度提高的同时,制造时间也将大幅延长。3D打印本身的加工速度还远未达到人们理想的状态,目前,金属零件的

最高堆积效率为 $70\text{cm}^3/\text{h}$,与高速铣还有较大差距。

其次是零件力学性能的挑战。3D打印金属零件的力学性能是否能全面满足应用要求,需要对激光成型过程“内应力控制及零件变形开裂预防”、“内部质量保障及力学性能控制”、“技术标准体系”等技术瓶颈问题进行攻克。要对大型金属构件激光快速成型过程内应力演化行为规律、内部组织形成规律和内部缺陷形成机理等问题展开深入研究。

第三是材料适用范围的挑战。目前,可供增材制造的材料约有300多种,多为石膏、塑料、可粘结的粉末颗粒、树脂等,制造精度、复杂性、强度等难以达到较高要求,主要应用于模型、玩具等产品领域,对于金属材料来说,目前适用的仅有十余种,而且还需要专用的金属粉末材料才能获得满足要求的金属零件。未来应针对3D打印制定通用的材料物理标准,使3D打印的适用材料(尤其是金属材料)通用化,降低3D打印的应用门槛,从而使3D打印的应用范围更广泛。

第四是成型范围的挑战。目前3D打印的成型范围大多是在1米以下,而且分层厚度较大,在大尺寸零件或微小精密零件成型方面显得能力不足。未来3D打印设备将朝着微小精密化和大型高效化发展。

第五是工艺稳定性的挑战。对3D打印而言,层间结合质量是第一位的,直接影响工艺稳定性和成型质量。而3D打印又是一个层数多达数百层,甚至数千层的堆积过程,在成型过程中,某一层很容易出现问题。一旦发生这种情况,成型过程将被迫中止或者成型零件面临报废的可能性。因此,3D打印的工艺稳定性相对传统加工方法更难控制,也更加重要。需要深入研究3D打印工艺稳定性的影响因素,开发高效可靠的工艺稳定性控制系统。

现在,在3D打印的三个层次——形状打印、成分打印和功能打印上,已经能成熟地实现形状打印,而成分打印也已开始了基础研究,功能打印尚处于早期探索阶段。如果功能打印一旦实现,打印出能行走的、具有真人形状的机器能将不再是梦想。到那个时候,3D打印所孕育的新型工业革命将真正实现,人类对物质世界的控制能力将得到质的提高,对未来生活的各个方面将产生深远的影响,甚至于永久性地改变人类文明进程。■



专家名片：

徐铭恩，杭州电子科技大学生物制造研究所教授。研究方向涉及生命科学、信息学和制造科学的交叉科学，致力于将计算机辅助制造技术、组织工程技术和细胞芯片技术相融合，以期解决药物筛选和评价、重要器官制造和其他相关医学产品的设计制造等问题。

生物 3D 打印——打印生命的希望

徐铭恩

我们通常把 3D 打印技术又称为快速成型技术，但事实上，二者还是有少许区别的——快速成型技术主要是指 3D 打印技术的形状打印功能，即“制造模型”——这也是目前 3D 打印技术应用得最多的领域。而 3D 打印技术的概念却不止于此，3D 打印的概念涵盖了制造产品的全过程。

◆◆ 3D 打印技术的几种机制

由于耗材、技术原理的不同，3D 打印技术已经衍生出熔融沉积法、激光烧结法、光固化等多种机制。

熔融沉积法是指将打印材料(PLA/ABS)在高温下熔化成液态，这些液体材料通过喷嘴挤出后立即固化，固化的材料逐层叠加，最终形成实物。它的优点是适用

的材料较多，可在办公室环境下操作。缺点是成型的实物表面较为粗糙，3D 物品的 Z 轴因分层原因可能会产生一定误差，成型时需要材料支撑。ABS 材料比 PLA 材料对温度更敏感，成型平台需要加热，否则容易形变，而 ABS 材料有气味，有微毒性，需要在通风的条件下打印。

激光粉末烧结法是将粉末材料平铺在成型平台上，用高强度激光器在铺平的粉末材料上扫描出 3D 模型的截面，材料粉末在激光的照射下被烧结在一起，形成实物的截面，然后再平铺新一层粉末材料，如此逐层激光烧结，最终形成实物。这种打印机制适用多种材料，如塑料、蜡、金属粉末等，可以直接制造特殊、复杂功能的模型，一次可以成型多个模型。但在制作过程中，未烧结的材料性能会有部分下降，需掺入新材料后才能适用，

而且会产生轻微粉尘。

光固法基于液态光敏树脂的光聚合原理，成型平台周围有一个液体槽，里面充满了可以紫外线照射固化的液体，紫外线激光从底层开始固化，一层固化好以后，平台下移，开始固化上面一层，如此往复直到最终成型。这种机制分层精度高，可达到0.016mm，表面光滑，原材料利用率高。但缺点是原材料目前只能选择光敏树脂，材料成本高，不易物理性能测试，只能用于零件的外形评估或者制造间接模具。生产过程微毒，有异味。

3D 打印技术可以制造传统技术无法制造的复杂结构，在开辟巨大的设计空间的同时，却能做到制造复杂物品的时间、技能和成本不增加，因此，尽管目前 3D 打印技术还没有完全成熟，却吸引了全世界的目光，成为了科技新焦点。

◆◆ 3D 打印在生物技术领域意义重大

随着技术的不断成熟，3D 打印越来越多地出在制造业、医疗产业、文创产业、航空航天等产业中得到了应用。其中，最“神奇”的要数 3D 生物打印了。

生物 3D 打印(3D-Bioprinting)是以计算机三维模型为基础，通过软件分层离散和数控成型的方法，定位装配生物材料或活细胞，制造人工植入支架、组织器官和医疗辅具等生物医学产品的 3D 打印技术。

生物 3D 打印的科研创新意义重大。首先，生物医学领域的市场规模巨大。2009 年，美国在医疗方面的支出高达 25095 亿美元，约占美国 GDP 的 17.6%，国民收入的 40%。据美国卫生部数据，照此趋势，2018 年，美国在医疗方面的支出将达到 13532 亿美元，占 GDP 的 20.3%。其次，3D 打印技术所具有的快速性、准确性及擅长制作复杂形状实体的特性使它在生物医学领域有着广泛的应用前景，每个人的身体构造和病理状况均存在特殊性和差异化，与医学影像建模、设计和仿真技术结合以后，3D 打印技术在人工假体、组织工程支架、组织器官的制造等方面有独特优势。第三，医学领域为

Tips:

可以用 3D 打印机制造的人体结构

打印肾脏

美国维克森林大学再生医学研究所的最新科研成果，可以由一台 3D 生物打印机放置多种类型的肾脏细胞(由活体组织提取出的细胞培育而成)，并同时使用可生物降解的材料制造出一个支架。得到的产品接着被放在培养皿中进行培育。支架在被植入患者体内后会随着功能组织的逐渐生长而逐步降解。

肾脏移植一直资源异常紧缺，虽然目前通过生物打印

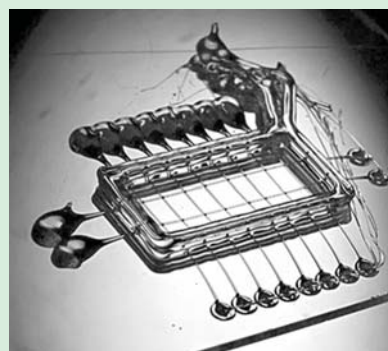


方法制造的肾脏仍然无法发挥作用，但它们无疑将带来巨大的希望——未来使用病人自己的细胞培育出能与身体完美匹配的器官。

打印血管

美国宾夕法尼亚大学和麻省理工学院共同研究，使用一台开源的 RepRap 打印机和定制软件，在一个模型内打印出一个糖丝网络，并用从玉米那提取出的化合物覆盖这些糖丝。接着，他们将包含有组织细胞的凝胶放入模型内。随后，他们将准备妥当的

结构在水中清洗。一旦入水，糖溶解在水中，只留下组织中空空的管道。研究人员已经证明，朝这一管道泵入营养物质能增加周围细胞的存活率。



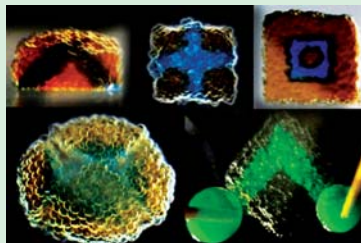
Tips:

可以用 3D 打印机制造的人体结构

打印仿生组织

英国牛津大学研究出最新 3D 打印技术，将水和液体分子连接在一起形成了具有人体细胞功能的“液滴”(仿生组织)，这些打印出“功能液滴”可用于替换受损的人体组织，或者作为新方法为人体投递新药，相关研究发表在《科学》(Science)期刊上。

完全人工合成的“液滴”不需要基因组以及其转录表达，从而避免了其它方法在合成人工组织上所遇到的问题，例如干细胞使用。每个液滴是直径约为 50 微米的透明空腔，尽管它的体积约是活细胞的 5 倍，研究人员有理由相信他们能将其合成得更小。牛津大学化学系教授 Hagan Bayley 的研究小组的成员——博士生 Gabriel Villar 说：“打印出来的液滴网络可以设计成不同外型，例如：扁平体可折叠成类似花瓣的形状，并形成中空结构，这是打印机无法实现的。折叠之后的结构可模拟肌肉运动，在液滴之间产生水传输。我们可以建立具有伸缩性的新型软质材料，进一步实现人体活细胞和组织。”



打印耳朵

美国康奈尔大学的生物工程师们使用一副孩童耳朵的 3D 扫描图，在 SolidWorks 计算机辅助设计(CAD)程序的帮助下，设计出了一个由 7 部分组成的模型，并分别打印出这些部分。随后，科学家们将一种高密度的凝胶灌入该模型内，这些凝胶由 2.5 亿个牛的软骨细胞和从鼠尾提取的胶原蛋白（作为支架使用）制成。15 分钟后，研究人员将得到的耳朵移出并在细胞培养皿中培



育。3 个月的时间内，软骨就可以取代胶原蛋白。与合成植入物不同的是，由人体细胞培育而成的耳朵能更好地同人体相结合。

3D 打印提供了宽松的空间。目前 3D 打印相比大多数传统制造技术成本依然是最大的壁垒，技术上的优势不足以抵消成本上的劣势。而医学领域较少考虑性价比，甚至可以不计成本采用最新技术，这为 3D 打印技术的产业推广应用提供了发展空间。

以细胞 3D 打印为代表的生物 3D 打印技术

在组织器官三维模型指导下，由 3D 打印机接受控制指令，定位装配活细胞 / 材料单元，制造组织或器官前体的新技术。

Thoppsom 等人做过一个著名的实验：将胚胎动脉心脏血管切成独立的心肌环，并紧贴在排放在一个管状支架上（串起来）。72 小时候，细胞扩散自行组织，这些独立的环形重新成一根单一的心脏血管。这个实验意味着，假如科学家能将正确的细胞按照所需要的（或人体真实的）形状排列，细胞有可能自发形成预期所需要的器官或者组织功能结构。

在这个理论下，许多科学家都对细胞 3D 打印进行了研究，研发出了多种不同的细胞 3D 技术模式。

Cell Printing: 基于微滴沉积的技术，打印血管时，按照一层热敏材料（生物纸）一层细胞的排序逐层打印，通过调控热敏胶材料温度，让间隔着细胞的生物纸降解，形成血管。

3D Bioplotter: 将细胞与琼脂基复合材料共混，挤出成形在具有交联剂的底板上，层层叠加，形成含有细胞的三维结构体。这是目前商用化程度最好的技术模式。

Multi-nozzle deposition: 集成了基于气动使能连续挤出原材料，含有 3 个喷头，打印一层喷射一次交联剂。科学家使用这种技术，已经打印出了人工肝组织，可用于药物毒性实验。

Regenovo 3D-Bioprinter: 将细胞与水凝胶材料共混，挤出成形在低温成形腔内，层层叠

加,形成含有细胞的三维结构体。这款技术在多个方面突破了原有生物 3D 打印机的瓶颈。由于它的核心研究人员主要是由医学、生命科学学家组成的,因此这款打印机的所有功能特性都是围绕生命科学来开展的。“Regenovo”支持活细胞打印,打印的细胞有着高达 90% 的存活率。目前打印出来的活细胞存活时间最长为 4 个月。

细胞 3D 打印的应用领域较为广泛。一是为再生医学、组织工程、干细胞和癌症等生命科学和基础医学研究领域提供新的研究工具。二是可以打印人体组织器官,为构建和修复组织器官提供新的临床医学技术,推动外科修复整形、再生医学和移植医学的发展。现在,平均每 150 名等待器官移植的患者,只有 1 人能等到可供移植的供体,这就好比一辆汽车坏了,必须从另外一辆汽车上拆下零件来维修。有了 3D 打印的器官,不但解决了供体不足的问题,更加避免了异体器官的排异问题,未来人们想要更换病变的器官将成为一种常规治疗方法。三是开发全新的高成功率药物筛选技术和药物控释技术,在每年超过 1000 亿美元的药物开发领域具有广泛的应用前景。第四,生物 3D 打印技术还可以制造“细胞芯片”,在设计好的芯片上用打印机打印上细胞,细胞在芯片上生长,可以被电极检测到,这个技术将为“人工眼睛”、“人工耳朵”、“大脑移植芯片”等功能性生物研发做铺垫。

除了细胞 3D 打印以外,生物 3D 打印还被广泛应用于其他医学领域,如人工骨骼等医用植入物制造。根据每个人个体的不同,具有针对性地打造植入物,以最求患者最高的治疗效果。在美国,骨植入修复材料市场每年超过 200 亿美元

还有个性化假肢和假体的 3D 打印。我国肢体残疾人有 8000 多万,至少有 70 万人需要安装假肢。假肢接受腔、假肢结构和假肢外形的

Tips:

可以用 3D 打印机制造的人体结构

打印皮肤

美国维克森林大学再生医学研究所可以用一个定制的生物打印机对病人的伤口进行扫描并标示出需要进行皮肤移植的部位。打印时,一个喷墨阀喷出凝血酶;另一个喷墨阀喷出细胞、胶原蛋白以及纤维蛋白原(凝血酶和纤维蛋白原会相互反应制造出凝剂纤维)组成的混合物。然后,生物打印机打印出一层人体成纤维细胞,随后再打印出一层名叫角化细胞的皮肤细胞。这个成果如果能设计制造成能在战场和灾区使用的便携式打印机,将产生巨大的作用。



打印骨骼

从 2009 年开始,北医三院骨科就开始开展 3D 打印骨骼技术的动物实验研究,经过四年的努力,他带领的团队已经在脊柱及关节外科领域研发出几十个 3D 打印脊柱外科植入物,其中颈椎椎间融合器、颈椎人工椎体及人工髋关节三个产品,已经进入临床观察阶段。实验结果非常乐观,骨长入情况非常好,在很短的时间内,就可以看到骨细胞已经长进到打印骨骼的孔隙里面。目前,该项技术已经通过动物实验,并于 2013 年被正式批准进入临床观察阶段。

据了解,参加人体试验者主要是颈椎病患者和髋关节病患者,现在已经有近 40 位患者植入了 3D 打印出来的骨骼。



第一期创新创业大讲堂讲座生动开讲

10月11日下午,由市科委、共青团杭州市委联合举办的“创新创业大讲堂”第一期讲座在浙江省图书馆报告厅如期举行。本次大讲堂由杭州市科技创新服务中心、杭州大学生创业联盟共同承办。

如何建立商业模式创新思维方式?初创型企业如何突破积累瓶颈?如何借助盈利创新颠覆竞争规则?财富中国金融服务有限公司副总裁、被誉为“中国商业模式思维导图创新第一人”的胡万平老师为200多名在杭科技型中小企业、青年(大学生)企业代表讲授了商业模式创新与顶层设计的知识要点。

中小微企业作为社会创新体系中最具活力和发展前景的重要元素,在技术创新、活跃经济、繁荣市场、增加就业等方面具有至关重要的作用,但由于规模小,各种资源条件有限,其抵御市场风险的能力亟待加强。根据这些企业需求,主办方设立了创新创业大讲堂,希望通过这种形式,为杭州市科技型中小微企业和青年(大学生)创业企业提供政策、信息、融资、

技术转移、知识产权等多方面的服务,补足企业技术创新和经营发展的短板和薄弱环节,切实提升企业的创新创业能力。

作为服务“蒲公英计划”企业创新创业“五个一”行动组成部分,创新创业大讲堂还将定期举行。届时,主办方将邀请行业专家、企业高管、创业成功人士就技术发展趋势、创新创业经验、企业经营管理等方面进行授课。后期大讲堂及其他服务活动的内容请关注杭州科技信息网 www.hznet.com.cn。■



设计和制造精度直接影响着患者的舒适度和功能。

手术器械3D打印也是3D打印在医学领域应用的重要组成部分。齿科手术模板是一个成功的、典型的案例。牙种植体骨内植入方向的把握是一个三维定向的技术问题,不正确的定位和方向上的偏离不仅会在术中即刻导致种植区的骨裂、上颌窦或侧壁穿孔,导致神经或邻牙损伤。以前得靠医生的经验来完成,现在,医生可以使用3D打印技术做一个病人口腔的模型,只要放到病人的嘴巴里面,根据事先标好的孔打下去,不会再出现失误。

3D打印技术还能突破性地应用到手术辅助系统中。在一些复杂的手术(例如移植手术)中,医生需要对手术过程进行模拟。以前,这种模拟主要基于图像——用CT或者PET检查获取病人的图像,再进行三维重建,医生就

根据重建后的三维图像来进行手术的模拟和讨论。但是,任何图像的模拟都比不上能够真实触碰到手术部位的结构。利用3D打印技术,就可以直接做出跟病人数据一模一样的结构,这对手术的影响将是巨大的。

在3D打印技术逐渐进入各个下游应用领域时,生物3D打印是最前沿的研究领域。可以说,生物3D打印与人类生命健康息息相关,生物3D打印的发展将为患者带来更多生命的希望。虽然目前的技术水平离真正应用于临床,还有相当长一段路需要走,但随着多种领域的科学家通力合作,这一综合性前沿技术必将成为“生物制造”的技术基石。■

市科技创新服务中心“创新创业诊所”活动启动

10月15日,由杭州市科技创新服务中心、杭州市大学生创业联盟主办的“创新创业诊所”活动在杭州科技大厦举行。

活动首先举行了一个简短的“创新创业诊所”启动仪式,介绍了杭州市科委、杭州团市委启动服务“蒲公英计划”企业创新创业“五个一”行动的有关内容,对“创新创业诊所”活动的流程进行了说明。杭州市科委丁永刚副主任,杭州市科技创新服务中心以及杭州市大学生创业联盟的有关负责人出席了启动仪式。

创业导师孙铸环、俞蔚等为杭州坤机械设备有限公司,杭州中君科技有限公司等9家科技型创业企业的12位创业者提供了多对一的诊断式辅导。创业者提出了“合理的管理模式”、“银行股份质押借款”等问题,创业导师孙铸环以自身丰富的创投管理经验和科技担保创新实践的经历,为企业指点迷津,理清思路;创业导师俞蔚从一个创业者的亲身经历,分享自己在创业中遇到类似问题的解决之道。

“创新创业诊所”是杭州市科委,共青团杭州市委联合推出的服务“蒲公英计划”企业创新创业“五个一”行动的组成部分,通过集聚一批以资深创投人士、创业成功人士为重点的创新创业导师团队,向科技型中小微企业和青年(大学生)创业企业提供创新创业诊断和辅导。

目前,创新创业诊所已经有固定的创业导师队伍、诊断场所,定期举办创业辅导,为创业者搭建对接创业资源的平台。

后续创新创业诊断活动以及在线咨询,可关注杭州市科技信息门户网站 www.hznet.com.cn, 或者新浪微博 @ 杭州市科技创新服务中心。■



建德碳酸钙企业技术对接洽谈会成功举办

10月18日,由杭州市科学技术委员会、建德市人民政府主办,杭州市科技创新服务中心、建德市科学技术局承办的“建德市碳酸钙产业科技合作洽谈会”在杭州建德市举行。来自清华大学、中国科学院、北京化工大学、四川大学等高校、科研院所的专家与建德碳酸钙行业规上企业进行了技术对接和洽谈。杭州市科委副主任丁永刚,建德市委常委、副市长李初排出席洽谈会。

丁永刚副主任指出,此次大会,是由政府主导搭建的企业与专家的交流互助平台,通过专家们的专业知识和先进成果为建德市的碳酸钙企业群策群力、用智慧和技术破解当地产业发展难题,为建德市经济持续快速健康发展注入强大的动力,进一步推进杭州产业结构调整、转型升级步伐。

会上,超细粉末国家工程研究中心和建德市碳酸钙协会分别为参会企业作了题为“沉淀碳酸钙研发前沿”和“建德市碳酸钙产业发展现状的报告”。专家们通过向企业介绍碳酸钙领域的技术成果,与企业进行对接和洽谈。会后,专家们实地调研企业,部分企业与参会专家达成初步合作意向。■

关于加强三维打印技术攻关加快产业化的实施意见

浙科发高〔2013〕149号

为实施创新驱动发展战略，加快推动发展方式转变和经济转型升级，充分发挥科技创新对先进制造业的支撑引领作用，现就浙江省加强三维打印技术攻关，加快产业化，提出如下实施意见。

一、充分认识三维打印技术对先进制造业的重要意义

三维打印技术又称增材制造技术，是新材料应用与数字化技术紧密结合的先进制造方式，对传统制造和未来发展产生深刻影响。三维打印产业已经成为国内外竞相部署的战略性新兴产业之一。近年来，浙江省已在三维打印技术基础研究和开发应用具有较好的工作基础。当前，浙江省正处在加快转变发展方式，推动经济转型升级的关键时期，以全球视野谋划和推动前沿先进技术创新，加强三维打印技术攻关，加快产业化，对加快实现从制造业大省向制造业强省转变具有重要意义。有关部门和单位要注重前瞻性部署，加强统筹规划和科学布局，形成合力，突破三维打印关键技术，加快推进产业化，在国内外激烈竞争中抢占先机。

二、加快推进三维打印技术产业化的主要目标

到2015年，突破三维打印领域的关键核心技术，部分技术和产品性能达到国际先进水平，三维打印产业成为浙江省重要的战略性新兴产业，使浙江省在促进三维打印技术产业化发展走在全国前列。工业级三维打印设备实现产业化，在工业设计、机械制造和文化创意等领域实现一定规模的推广应用；研发出技术水平达到国际先进水平的直接数字化制造用途的三维打印设备；力争培育若干家产值超亿元的骨干企业；浙江

省成为国内实现三维打印产业率先发展的主要省份。

三、加快推进三维打印技术产业化的总体思路

从全球视野进行谋划，面向技术前沿，坚持企业主体与研究机构相结合，坚持技术研发与推广应用相结合，坚持市场拉动与政府引导相结合，以“技术先进、应用导向、协同创新、分步实施”为主要原则，加强关键技术研发，突出示范应用推广，培育产业骨干企业，加快形成拥有核心自主知识产权和竞争力的产业发展体系，为浙江省制造业转型升级和高新技术产业发展提供有力支撑。

四、加强三维打印关键技术研发

面向技术前沿和市场需求，以企业为主体，联合高校院所，协同开展以工业级和直接数字化制造三维打印设备开发为目标的关键技术研发。充分发挥省自然科学基金基础研究的作用，优先支持三维技术领域的基础和应用基础研究项目，积极申报国家自然科学基金和国家973计划等基础项目，突破三维打印技术的基础性和理论性瓶颈。从2013年起，把三维打印技术作为“十二五”期间高端装备制造技术和新材料技术等重大科技专项的主要支持方向之一，加强主动设计，组织企业和高校院所联合研发高端三维打印设备。将三维打印技术攻关项目优先列入推进产业关键重大技术“双十计划”。积极争取国家重大科技专项、863计划和国家支撑计划等国家级科技项目的支持。研究提出三维打印技术研究计划（2013—2015年），凝练排出一批攻关项目，分步推进，力争掌握具有核心自主知识产权的三维打印核心技术。

五、培育三维打印龙头骨干企业

大力培育三维打印骨干企业,在科技项目实施、创新平台建设和高端人才引进等方面给予支持,进一步提升企业的科技创新能力和国际市场竞争力。对符合条件的龙头骨干企业,积极开展工作指导,发展成为高新技术企业和创新型示范(试点)企业。扶持一批三维打印特色鲜明、技术含量较高、配套能力较强、市场前景较好的从事装备关键部件研发的科技型中小企业,形成大中小企业协作配套的发展格局。对有条件的行业龙头企业,优先批准建设省级工程技术中心、企业技术中心、重点实验室、企业研究院或省级重点企业研究院。全面落实企业研究开发费加计抵扣和高新技术企业所得税优惠政策,引导三维打印企业加大科技投入,开展高端设备开发,提升市场竞争力。

六、建立三维打印示范应用基地

建立健全以应用促研发的工作机制,支持骨干企业按照“企业主体、市场运作、政府引导”的原则,建立三维打印技术服务中心,开展示范应用。重点突出三维打印技术与工业设计、装备制造、电子信息和软件开发等技术的融合应用,扩大三维打印市场需求。鼓励在省级工业设计特色基地设立三维打印创新服务中心,探索三维打印设备企业与三维打印创新服务中心合作运行机制,倡导工业设计企业率先应用三维打印技术,降低三维打印成本。

七、推进三维打印技术推广应用

选择工业设计、生物医学、文化创意、模具制造等领域,探索用户购买补贴或政府采购等方式,加快三维打印技术及设备的推广应用。鼓励三维打印设备制造企业进一步创新商业模式和营销模式,按照市场机制,加快产品及服务在国内市场的推广应用。建立健全首台(套)产品重大技术装备保险补偿机制,鼓励采购就

地就便开展售后服务的三维打印装备。将三维打印装备列入《浙江制造重点装备目录》,鼓励省内企业、支持政府性投资项目和政府采购同等条件下优先使用。

八、加强三维打印创新平台建设

鼓励有条件的骨干企业、高校和科研院所通过整合优质科技资源,联合共建以三维打印技术研发和应用为主要目标的省级科技创新服务平台。组建以龙头骨干企业牵头、高校院所支撑的三维打印技术创新战略联盟,围绕关键技术和高端设备开展联合攻关。进一步发挥已建先进制造领域国家和省级重点实验室、工程技术中心(研发中心)和省级机电类重大创新平台的作用,将三维打印技术作为今后研究和应用的重要方向。

九、加强三维打印技术合作交流

把三维打印技术作为深入开展国内外科技合作与交流的重点方向,积极推进三维打印技术转移和成果产业化。鼓励和支持省内企业、高校和科研院所加强合作和交流,构建三维打印技术产学研合作体系。鼓励有条件的优势企业加强与国际三维打印领先企业进行深度合作合资与合作,到境外设立三维打印研发机构。

十、加强三维打印人才队伍建设

鼓励相关高校和科研院所加强先进制造、电子信息、新材料和工业设计等多学科交叉融合,加快培养三维打印技术相关专业人才。依托省重大科技专项等项目实施、重点实验室等平台建设和创新型企业培育,培养三维打印技术高层次人才和领军人才。加快引进三维打印技术高层次人才,完善配套服务,鼓励海外专业人才回国创业。充分发挥先进制造和新材料领域省级重点科技创新团队的作用,围绕三维打印关键共性技术开展攻关和推广应用。■

三维打印技术研究计划

(2013–2015 年)

三维打印技术是国内外近年来的发展热点。增材制造原理与不同的材料与工艺结合形成了许多三维打印设备。三维打印技术一出现就取得了快速发展,并在各个领域都取得了广泛的应用,如消费电子产品、汽车、航空航天、医疗、军工、艺术设计等,材料上已覆盖到金属、塑料、树脂、ABS、生物材料、食品材料。特别是在制造业新产品开发环节,与工业设计结合后,对当前浙江省工业转型升级具有显著促进作用。

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中明确列出了三维打印增材制造项目。国家工业和信息化部在国家科技重大专项“高档数控机床与基础制造装备”2014 年度课题申报指南中已安排多个三维打印项目。

本计划以《浙江省科学技术“十二五”发展规划》为指导,以加快三维打印关键技术攻关和具有自主知识产权及核心竞争力三维打印设备开发为目标,大力培育发展三维打印设备产业,完善和拓展产业链,显著提升浙江省三维打印产业的研发能力、技术水平、产业层次,增强对其它产业的带动作用,为浙江省三维打印产业处于国内领先地位和健康持续发展提供技术支撑。

总体目标

围绕战略性新兴产业培育和传统产业转型升级的战略需求,以提升浙江省三维打印产业技术水平为目标,着重对三维打印工艺、专属新型材料和三维打印设备等进行技术攻关,着力突破三维打印关键技术,大力培育三维打印产业,加快构建三维打印产业链(产业带),加强创新团队、平台及基地建设,全面提升浙江省三维打印产业整体技术水平。到 2015 年,突破三维打印领域的关键核心技术,部分技术和产品性能达到国际先进水平,三维打印产业成为浙江省重要的战略性新兴产业,使浙江省在促进三维打印技术产业化发展走在全国前列。工业级三维

打印设备实现产业化,在工业设计、机械制造和文化创意等领域实现一定规模的推广应用;研发出技术水平达到国际先进水平的直接数字化制造用途的三维打印设备;力争浙江省成为国内实现三维打印产业率先发展的主要省份。

主攻方向

1. 三维打印高效制造技术

增量制造在向大尺寸构件制造方向发展,例如金属激光直接制造飞机上的钛合金框梁结构件,框梁结构件长度可达 6m,目前制作时间过长,如何实现多激光束同步制造,提高制造效率,保证同步增量组织之间的一致性和制造结合区域质量是发展的关键。为实现大尺寸零件的高效制造,发展增量制造多加工单元集成技术,如对于大尺寸金属零件,采用多激光束(4–6 个激光源)同步加工,成形效率提高 10 倍。研究增量制造与减量制造结合的复合关键技术,各工艺方法发挥其优势,同时提高加工质量和效率。

2. 三维打印精度控制技术

增量制造的精度取决于材料增加的层厚和增量单元的尺寸及精度控制。增量制造与切削制造的最大不同是材料需要一个逐层累加系统。每层厚度直接决定了零件在累加方向的精度和表面粗糙度。增量单元的控制直接决定了制件的最小特征制造能力和制件精度。在现有的增量制造方法中,多采用激光束或电子束累加成形技术。通过激光或电子束光斑直径、成形工艺(扫描速度、能量密度)、材料性能的协调,控制增量单元的尺寸,是提高制件精度的关键技术。随着激光、电子束技术以及光投影技术的发展,未来将重点发展两个关键技术:一是激光光斑控制技术,采用逐点扫描方式使增量单元达到微纳级,从而提高制件的精度;二是平面投影技术,投影控制单元随着液晶技术的发展,分辨率逐步提高,增量单元更小,

可以实现高精度和高效率制造。

3. 复合材料增量制造技术

现阶段增量制造主要是制造单一材料的零件，例如单一高分子材料和单一金属材料。目前正发展陶瓷材料零件增量成形技术。随着零件性能要求的提高，复合材料或梯度材料零件成为迫切需要发展的产品。由于增量制造具有微量单元的堆积过程，每个堆积单元可以通过不断改变材料，实现一个零件中不同材料的复合，实现控形和控性制造。

4. 三维打印专属材料制备技术

目前打印材料多为光敏树脂、金属粉末，应用范围存在较大的局限性。未来或将打破“先制材料后成型”的传统研究思路，制造出碳化硅复合材料零件，乃至研究使用高介电陶瓷等超颖材料。高性能复合材料、特种复合材料、生物功能材料等三维打印专属材料制备技术将不断涌现。

研发重点

1. 面向小家电、小商品等行业用的高精细三维打印机关键技术及装备开发

针对小家电、小商品等行业产品多样化，产品更新速度加快、部分产品消费呈现个性化要求等特点，通过三维数字化设计与高精度三维打印技术的结合使用，可以快速、高品质的完成产品原型件和性能测试验证件的加工，用于和国际客户进行设计沟通和承接订单，可以在大批量制造前验证设计的合理性和准确性，增强产品品质，减少库存风险，缩短开发周期，加快产品开发和制造效率，提升行业内企业的国际竞争力。

2. 面向现代装备关键零部件精铸工艺的高精度三维打印机关键技术及装备开发

针对汽车、船舶、大型机械装备等现代装备的关键核心零部件的精密铸造需求，通过高精度三维打印方式，完成对适合精密铸造应用的特殊树脂材料的加工，制造出生产高精度、复杂结构金属零部件的原型，提升复杂零部件的品质和制造效率。

3. 粉末激光烧结增材制造三维打印机关键技术及装备开发

针对电动工具、现代装备等，高强度、耐温功能测试

件与装配件的需求，研制粉末激光烧结增材制造三维打印机，激光烧结是逐层制造和数字化制造的关键技术，能够快速、灵活及低成本地生产产品、模型及工具等。

4. 复杂金属零部件激光选区熔化增材制造技术与装备

针对复杂精密关键金属构件高精度、高质量一致性、高效率、高柔性化制造的需求，研制大尺寸复杂精密构件的多光束激光选区熔化制造设备。高温合金、钛合金等难加工材料多束激光选区熔化增材制造工艺研究和多束激光选区熔化增材制造装备与技术在典型构件的应用研究。

预期经济社会效益分析

通过计划实施，实现突破一批关键技术，开发一批实用性强、产业带动性强、技术含量和附加值高的高新技术装备。

通过计划实施，将加快浙江省的小商品、小家电、汽车零部件、五金等产业转型升级，助推浙江省产品实现快速设计、快速制造、快速更新换代，提升国际竞争力；提升浙江省的汽车、船舶、大型机械装备等高端装备关键零部件的产品开发水平，实现高精度、复杂一体化零部件的生产，有效提高浙江省高端装备的制造水平。

通过计划实施，进一步提升浙江省三维打印技术产学研用的产业链协同创新能力。积极推动浙江大学、浙江工业大学、杭州电子科技大学、中科院宁波材料所、杭州先临三维等高校、科研院所和企业成为浙江省三维打印产业的重要研发力量、技术支撑平台和人才培养基地。通过内联外引和产学研用合作，建立省级企业重点研究院、省级重点实验室、创新平台和产业技术联盟，合力攻克一批共性和关键技术，以项目带动创新体制机制建设、平台建设和队伍建设，增强浙江省三维打印产业的研发资源聚集整合能力，为三维打印产业健康持续发展提供强有力的科技支撑。■



增材制造(3D 打印)技术的发展路径探索

何文浩 杭州先临三维科技股份有限公司

发达国家在经历了金融危机、债务危机的泡沫后,意识到了以制造业为代表的实体经济的重要性。政府通过鼓励新技术研发,发动以“分布式能源、新材料、互联网技术、3D 打印技术、机器人”为产业支柱的所谓的“第三次工业革命”,以期重新占据世界制造业新的制高点、实现制造业回归、增加就业。发展中国家在这一轮欧美国家寻求自我革新的过程中,如果不跟上世界潮流,则会面临新一轮的洗牌。

欧美政府 2012 年以来非常重视增材制造(3D 打印)技术以及机器人技术,因为能源、材料、互联网的创新需要依靠商品创造方式、理念的创新。商品经济时代的商品供应链的起始点是制造环节,这个环节耗能高、碳排放高供应链长,3D 打印则实现了制造的数字化、智能化、绿色化、个性化、短供应链。

“3D 打印”驱动新制造、新经济

增材制造技术,又被形象地称作“3D 打印”技术,是一种加法式立体一体化制造技术,区别于机床的减法切削零部件装配制造,它可以节约 95% 以上的材料和大幅缩短时间,节约 60% 以上的生产成本。材料的多样性、激光技术的大面积推广、控制技术的不断创新推动 3D 打印形成产业化的现实路径。可以预见:“3D 打印将突破制造与服务的界限,物流的形态会发生变化,数字化技术作为专业技能趋于普及”——《英国经济学人》,2012.4。

3D 打印可以实现敏捷制造、智能制造、绿色制造、分布式制造。通过 3D 打印方式,从离散化的数字内容一层层叠加成型为到 3D 成品,解决复杂结构、薄壁件等工艺问题,制造流程简化,人工减少,减少材料浪费,减少流通环节,减少碳排放;

3D 打印实现了多领域的个性化定制。互联网、云计算、数字化技术、计算机技术为数据的生产、流通、使用提供了条件,3D 打印的核心需要数字化内容、数字化制造,基于数字化设计制造的个性化定制将会出现在医疗、教育、艺术、消费品等各个方面;

3D 打印推动经济格局微变化。规模经济、标准化产品经济需要能源网络、物料供应、工厂集中流水线生产密切配套,通过资源禀赋差异进行全球化配置,但是贫富差距、社会问题由此而生,金融危机过后发达国家也需要制造业回归,他们选择了如增材制造(3D 打印)、机器人等先进制造业;对于新兴国家,除了接受国外产业转移做出口之外,也需要开发资金、人才、科技的增量“供给”,开发、回应国内市场需求,比如 3D 打印技术。

世界专业 3D 打印咨询公司 Wohlers Association 2012 报告显示,工业级 3D 打印市场正在健康增长。该报告称,2012 年 3D 打印设备和服务整体市场达 22 亿美元,比 2011 年的 17 亿美元增长 29%,该行业的复合年度增长率一直在 25% 左右;服务达到 7 亿多美金,增长达到 42.2%。3D 打印行业在未来几年有望继续保持两位数增长。世界 3D 打印产业当初冲破 10 亿



来源:美国 Wohlers Report 2012

图 1 世界 3D 打印市场规模增长趋势

关需时 20 年,但在其后 5 年即达到 20 亿美元,乐观估计到 2017 年,3D 打印产品和服务的市场将达到 60 亿美元,而到 2021 年,将达到 108 亿美元。3D 打印给传统产业、文化创意、医疗领域,带来的间接的社会效益是不可估量的,到 2025 年,潜在的经济影响将达到 2300—2500 亿美元。

世界 3D 打印市场份额中,美国约占 60%,德国、日本、中国等各约占 10%,美国拥有的 3D 打印机数量最多,占全世界总数的 38%,日本 9.7%,德国为 9.4%,中国为 8.7%。中国拥有巨大的技术研发和市场应用前景,而由 3D 打印技术的研发和应用带来的周边产业转型升级产值更是上千亿级当量,中国未来市场增长潜力巨大。

“3D 打印”为转型升级提供了抓手

作为一种先进制造、智能制造、绿色制造技术,自 2012 年 4 月以来,3D 打印得到了欧美各国政府的重视,特别是美国、英国等政府通过设立专项扶持资金、建立研究机构来推行 3D 打印技术。

当前,我国工业经济及科技主管部门也认为 3D 打印技术是当前制造业转型升级的重要引擎,并出台相关政策扶持发展。国家工信部已组织成立国家增材制造咨询小组研究制定增材制造技术路线图、增材制造业中长期发展战略,并推动完善增材制造技术规范与标准制订。科技部 2013 年 4 月份公布了《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,这体现出国家层面的重视程度,国内的 3D 打印产业将迎来快速发展期。《指南》中提到,要突破 3D 打印制造技术中的核心关键技术,研制重点装备产品,并在相关领域开展验证,初步具备开展全面推广应用的技术、装备和产业化条件。面向航空航天大型零件激光熔化成型装备研制及应用、面向复杂零部件模具制造的大型激光烧结成型装备研制及应用、在面向材料结构一体化复杂零部件高温高压扩散连接设备研制与应用、基于 3D 打印制造技术的家电行业个性化定制关键技术研究及应用示范 4 个研究方向,共拨付不超过 4000 万元研究资金。

3D 打印技术因其对传统制造业方式的变革,提高产

品设计创新、高端制造效益,成为 2011 年以来我国各地特别是沿海地区争相引进的战略新兴技术,期望将技术与本地区的产业环境及产业要素相融合,提升传统产业、培育新兴产业、引领未来产业。

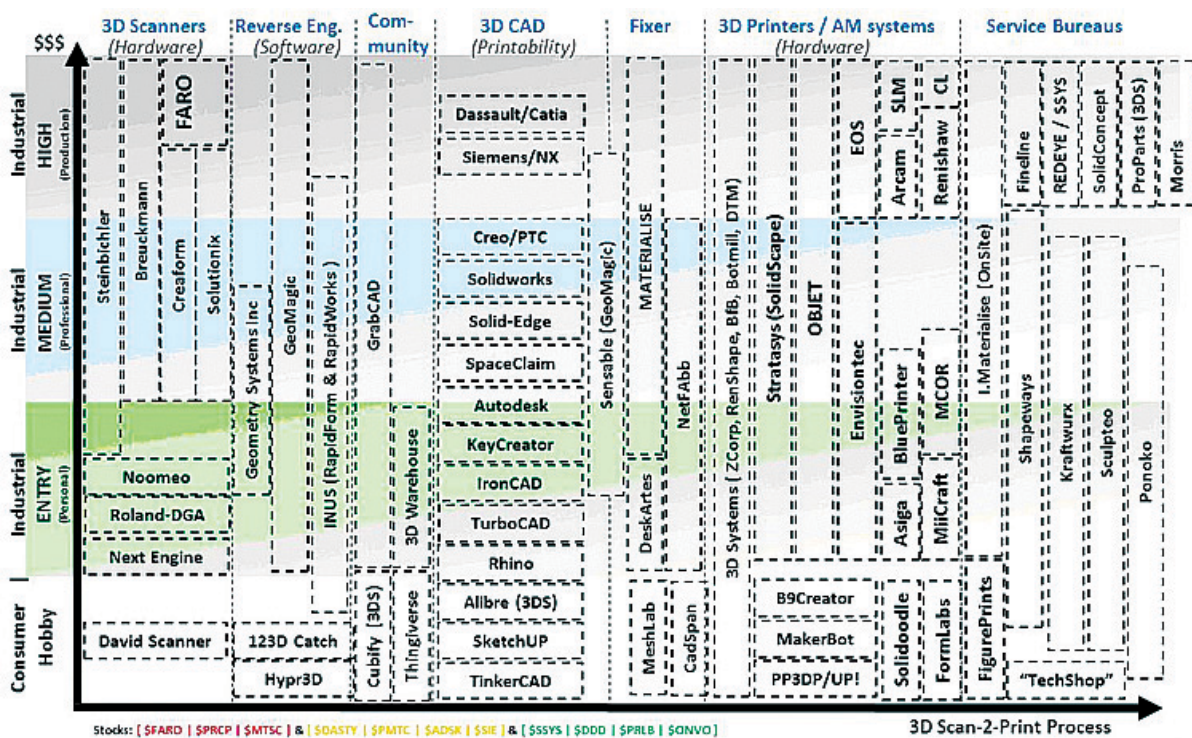
未来,区域性的 3D 打印创新服务平台及国家级的细分技术研发及应用领域的技术中心将会随着市场的发展而逐步呈现。3D 打印创新服务平台可通过共性技术服务、再培训、研发项目促进等输送产业技术人才、为中小企业提供产业技术服务,而技术中心可以集聚 3D 打印技术的各个方面的资源进行攻关、孵化、培训、产业化。

有些新兴项目和工程还处于培育期,尚不能带来巨大产值,但对于聚集传统工业经济发达经济区域(汽车、模具、家电等)、国家战略产业集聚区(航空、军工等)、新兴经济要素集聚区(高科技、创意、生物等)来说,产业发展不在总量有多大、速度有多快,而在于如何创新转型,发挥对其他产业的引领带动作用。3D 打印项目属于新兴产业,市场还在培育期和快速成长态势,本身的产值不是很大,但是可以促进制造业、生物医疗、航空航天等战略新兴产业的发展。3D 打印技术在产品试制、设计创新、小批量定制、复杂零件(产品)构造方面具有独特优势,特别是在汽车、家电、电子、机械装备、船舶、医疗器械等领域的产品开发试制、模具开发,航空航天、国防军工零部件的直接制造、复杂模具制造方面有诸多成功的应用案例。在传统工业经济发达经济区域、国家战略产业集聚区、新兴经济要素集聚区发展 3D 打印技术,可以带动区域产业上下游的技术和市场升级、新兴产业形成,带动新材料、技术核心部件开发以及科研院所相关科技发展、人才培养的协同进步。

生态系统视角解析 3D 打印

3D 打印技术未来的发展空间,很大程度上取决于是否有完整的生态系统支撑,包括装备制造商、材料制造商、CAD/CAM/CAE 软件开发机构、服务商、传统技术提供商、教育培训机构、科研机构、应用部门、政府(规划政策)、国际贸易(技术流动)等。

欧美等西方发达国家的 3D 打印技术应用总体处于领先水平,已经从 3D 打印、工艺辅助等间接制造,发展



来源: 美国 Hod Lipso & Melba Kurman: Fabricated: The New World of 3D printing

图2 3D 打印产业生态系统(产业链)

到直接制造,正在形成集装备、材料、软件、服务于一体的3D生态系统。如图2所示,3D数字化技术(3D扫描、逆向工程技术)、设计者社区、3D-CAD/CAM/CAE技术、3D打印技术的提供商或平台以及3D打印服务机构构成了3D打印产业生态系统(产业链)。在这个生态系统中,从应用和流程的两个维度,组成了技术和服务矩阵,对于利用3D数字化技术、3D-CAD/CAM/CAE技术、3D打印技术进行生产性服务的机构来说,按照客户群的定位、自身经营能力可以进行不同的组合配置。

3D打印技术的推广应用除了技术、材料的发展之外,对于传统的模型制造技术、模具生产技术的融合、互补、借鉴是极其重要的。在较长的时间内,传统的注塑、CNC、铸造、锻造、焊接等技术还是制造业的主力。我们看待3D打印生态系统,需要进行必要的技术选取的成本-产值分析、技术在产品开发到大批量生产中价值长度分析,这可以科学的使用新旧技术、定位技术的应用领域和方向,避免对技术的某些方面的夸大和产业政策过度。

国内外3D打印产业现状深层分析

一、国际3D打印发展现状

在整个3D打印产业上市公司矩阵中,市值最高的公司是西门子、杜邦、惠普。西门子提供世界级的机床、控制、机器人、设计分析软件,杜邦为3D打印主流技术提供了庞大的新材料研发和供应系统,惠普在2D打印机世界树立的技术标准、研发资源、渠道、市场规模、商业模式使其介入3D打印进入商业部门具有较大的竞争力。另外专注于测量、计量、传感器领域的基恩士、海克斯康的市值都突破了100亿美金,这是由于精准、便捷的数字化计量是数字化制造的基础,3D打印靠的是输入3D数据。激光器是工业级3D打印机的热源,IPG在这个领域的市值也接近了100亿美金。

总的来说,美国、德国占据了数字化制造的软件、装备的高端。美国的3D Systems、Stratasys、德国的EOS(非上市)提供的3D打印技术占据了全世界近70%的市

场份额;3D 数字化技术方面有德国的 GOM、加拿大的 Creaform 等;3D-CAD/CAM/CAE 软件方面是法国 Dussult、美国 AutoDesk、美国 PTC、德国 Siemens PLM Software 以及美国的 3D Systems (Geomagic、Rapid-form)、比利时的 Materialise, 几家公司实力强。

由于 3D 打印技术及周边技术(材料、软件、工艺衔接等)的专利保护、贸易壁垒,3D 打印的应用成本在美国、欧洲之外的新兴国家较高,但是在欧美已经应用非常成熟,而且发展很快。欧美各国还有很多 3D 打印产业链企业未上市,而这些企业在现实的市场发展中取得了不错的成绩,比如德国的 EOS——全球第三大 3D 打印机装备公司。

也有上市公司收购 3D 打印公司来做集团内生产性服务,比如 GE。GE 公司收购的 Morris 技术公司(MTI)和其姊妹公司 Rapid Quality Manufacturing (RQM)拥有世界上最大的 DMLS 产能——20 台德国 EOS 直接金属激光烧结(DMLS)系统,1 台瑞典 Arcam 的电子束熔炼(EBM)系统。他们已经与世界上最负盛名的航空航天和医疗公司在密切配合走在了市场前列。成立之初,莫里斯就建立了一个庞大的研究和开发部门,与装备生产商共同开发材料和工艺参数,与客户从设计到制造紧密合作,重视先进的后处理技术的应用,现在,该公司为数不多的提供这个应用服务的企业。

受益于欧美国家在个性化需求、创新氛围、开放发达的互联网平台基础，基于云计算、社交网络、O2O 等机制的融合运用，产生了多家“互联网 3D 打印服务公司”，比如 Shapeways, Quirky, 这些公司擅用互联网传播，发展了 3D 打印的价值，比如，利用 3D 技术进行发明创造，发布创新项目进行“众筹”融资产业化，利用互联网的分布式优势进行产品或项目进行“众包”。

二、美国政府的实践蓝本分析

俄亥俄州扬斯敦及周围地区曾被称为“铁锈地带”，这是当前制造生产下滑所带来的后果。2012年8月16日，美国国防部负责采办、技术和后勤的副部长 Frank Kendall、商

务部代理部长 Rebecca Blank、国防经济委员会主任兼总统经济政策事务助理 Gene Sperling 在 Youngstown Ohio 共同宣布国家国防制造与加工中心 (NCDMM) 被选为国家增材制造创新联盟 (NAMII) 的管理机构, NAMII 是国家制造创新网络 (NNMI) 进行跨部门跨行业合作模式的一个试点。作为公私合作关系, NAMII 采用了工业界和政府共享领导权的模式, 这种模式将促进所有成员之间的合作, 加速增材制造技术的发展和美国制造部门的创新。

国防部、能源部、商务部、国家自然科学基金会(NSF)以及国防航空航天局(NASA)共同承诺向增材制造试点联盟投资4500万美元。目前的资金包括5个联邦机构已有支付的3000万美元,以及联盟内“俄亥俄州—宾西法尼亚州—西弗吉尼亚州技术带”各成员配套的4000万美元。国家增材制造创新联盟由NCDMM领导,包括40家企业、9个研究型大学、5个社区学院以及11个非营利机构。波音、洛·马、诺·格、通用动力、GE、霍尼韦尔、派克·汉尼汾、IBM、Autodesk等航空航天领域的制造都与软件商以及众多相关技术领域的中小企业都参与了这个联盟。像这种新形式的投资可以验证在一个区域内政府、企业、大学联合起来投资尖端技术和技能的能力,这些能力是制造商竞争所需要的。按照这一模式,Youngstown将借由其增材制造的领先地位而成为迅速发展的新型产



图3 国家增材制造创新研究院 NAMII 位于美国的铁锈地带——Youngstown、Ohio

业中心。

2013年5月,奥巴马政府拿出2亿美金进行制造业创新的“竞赛”,竞赛在美国商务部、国防部、能源部、国家科委、NASA 5个联邦机构展开;基于2012年设立在Youngstown, Ohio的第一家制造业创新研究院(国家增材制造创新研究院 NAMII)的成功,奥巴马政府在2013年国情咨文中提到2013年再建立3个制造业创新研究院。制造业创新研究院项目协调者为国家先进制造计划项目办公室,协调公私关系、优化资源配置、激励创新、推动培训教育、促进制造业振兴。

美国的做法有魄力,用“竞赛”的方式实现了帕累托最优,选中了俄亥州的增材制造研究院,聚集了企业、高校、创客、政府、非盈利机构等不同组织,实行会员制与理事会制,鼓励创新、应用、培训推广;美国应用创新交给制造业创新网络计划,技术攻坚交给商务部、能源部、国防部、科委、NASA 这些机构,分工明确,没有叠床架屋。

三、国内 3D 打印发展现状分析

我国基本形成了3D打印生态系统(产业链)的要素、业态,比如装备制造、材料、激光器、数字化技术、数字化软件等。国内3D打印装备技术上市企业只有“机器人”公司研发生产工业级打印机有小批量销售计划,资本市场上的3D打印题材企业更多的是在做3D打印应用,或者依靠桌面FDM(开源技术)来炒作市场。一些有高校背景的清华系、西交大系、华科大系、北航系公司在工业级工艺SLS、SLA、SLM、LENS有丰富的产业化应用经验,桌面机FDM技术的企业自2012年初以来雨后春笋般在全国发展。国内材料研发方面有SLA、LENS技术所需的光敏树脂、粉末材料上市非上市相关企业,但是总体3D打印材料种类偏少,只有30多种。激光器方面已有国产公司做出了一定的规模,比如长春新产业、武汉锐科光电。

上世纪90年代到本世纪初期模型模具开发的生产性服务业中CNC、注塑模具占主要地位,3D打印进入低潮。近几年,随着3D打印工艺的成熟、材料的丰富、企业资本的增强,利用3D打印装备、材料开展生产性服务的国内企业逐年增多,比较有影响力的有整合自身3D数字化技术和控制技术、提供3D打印全工艺体系服务的

杭州先临三维科技股份有限公司等。

国内地方政府对3D打印非常重视,青岛、南京、武汉、成都、珠海等地大举政策发展3D打印中心、研究院、工业园区,但是也有争风上马项目、资源配置分散的风险。

技术发展和产业化方面,随着2014年的SLA等主流工业3D打印技术专利的解禁,国内上市企业依靠吸收国外技术、转化创新是有路径可循的。

3D 打印产业发展路径政策建议

3D打印是服务化、绿色化、智能化、网络化、扁平化制造,技术基本成熟,产业在婴儿期向成长期的过渡,该技术和产业对国家发展工业设计、制造业转型升级有重要意义。

对3D打印产业链进行顶层设计,定量定性分析其对上下游产业经济的影响,鼓励自主创新技术的研发和产业化,科学规划引导地方避免重复建设。

建立国家级创新示范中心为引擎、各地特色应用业态(中小规模生产性服务中心、企业级工程应用中心、创客社区、电子商务等)托底的3D打印产业交流平台。

预估产业发展前景、合理规划资源投入,发挥中央部门、国企的资源和技术优势,出台惠及产业生态系统的项目经费及税费政策,支持扩大3D打印应用市场。

鼓励地方、民营企业,依据地方特色优化配置资源、培育产业规模,创造创业创新环境,创新产业和商业模式,将工业应用与消费创新类应用分开,工业应用注重分类分地区集合本地资源进行推广,消费创新类应用面向全国各个行业、产业。

整合包括研究机构、服务商、设备供应商、设备代理商、服务提供者在内的资源,让更多的技术得到普及,促进制造商和供应商与大学、研究机构之间的对接,形成金融、科技、人才要素流动机制,发现项目和企业价值。

发挥国内高校研究基础优势,设计合理机制进行学科间的协同创新,设置转型资金予以支持,解决3D打印领域中的高端共性问题,使新技术顺利产业化,通过基础教育、技术普及等扩大社会认知。■

3D 打印: 先进制造领域的必争之地

王红梅

2012 年 3 月 9 日, 美国总统奥巴马在卡内基梅隆大学宣布创立美国“制造创新国家网络”计划。这项计划由美国联邦政府和工业部门共同斥资 10 亿美元, 遴选出制造领域 15 项前沿性、前瞻性的制造技术, 建立 15 个制造业创新中心, 以全面提升美国制造业竞争力。4 月 17 日, “增材制造技术”迅速被确定为首个制造业创新中心。奥巴马政府希望通过“人工智能 + 机器人 + 数字制造技术”的发展来打败“中国制造”, 增材制造技术创新中心作为新技术研究、开发、示范、转移和推广的基础平台, 号称要成为增材制造技术全球卓越中心并提升美国制造全球竞争力。

随后, 英国、欧盟和日本等国家和组织都先后出台关于鼓励和促进先进制造技术的政策, 将 3D 打印作为先进制造技术的重要组成部分, 一时间 3D 打印概念炙手可热。

3D 打印与先进制造的关系

2012 年 4 月 21 日, 英国《经济学人》推出了“第三次工业革命”的封面文章: 尽管仍有待完善, 但 3D 打印技术市场潜力巨大, 势必成为引领未来制造业趋势的众多突破之一。这些突破将使工厂彻底告别车床、钻头、冲压机、制模机等传统工具, 而转变为一种以 3D 打印机为基础的, 更加灵活、所需要投入更少的生产方式, 这便是第三次工业革命的到来的标志。该杂志把 3D 打印技术、数字化、人工智能化制造与新型材料的应用作为先进制造技术的引领, 给世人描绘了一副即将到来的制造画面: 工业机器人技术步入成熟, 取代了流水线上的工人; 大规模制造逐渐被分散为 3D 打印的直接制造与个性化定制生产……

美国杰里米·里夫金《第三次工业革命》一书也把 3D 打印技术、互联网技术、可再生能源技术等归入先进制造的范畴。

可以说, 3D 打印不是先进制造技术的全部, 然而毫无疑问是最重要的组成部分。

TIPS:

3D 打印趣闻图说

植物可以直接种上墙

Planter Bricks 是 Emerging Objects 公司研发的一款结合了绿化功能的建筑用砖, 其混凝土的主体是利用 3D 打印技术来实现, 因此在外形上可以接受很大空间的个性化定制。Planter Bricks 可用来培育绿化植被, 以改善建筑环境的空气质量和增加其观赏性。Emerging Objects 是美国奥克兰一家新兴的设计和研究公司, 专门从事建筑环境相关的设计和 3D 打印服务。



TIPS:

3D 打印趣闻图说

3D 打印瓶盖将饮料瓶变成花瓶

如果你有许多空的可乐瓶,可以用这个 3D 打印的瓶盖把它们变成创意花瓶。LayerDesign 提供了一个链接,可以直接进行购买打印“组合瓶盖”。之后,把瓶子套进去装满水,“花瓶”就成型了。不过,由于这是 3D 打印出来的,耗材有点贵,一个组合瓶盖就需要 175 美元,但这种变废为宝的精神和增添生活情趣的创意值得鼓励。



中科大设计出 3D 打印新方法 可省约 70%材料

近日,中国科学技术大学数学科学学院国家数学与交叉科学中心(合肥)图形与几何计算实验室的研究组提出了一种轻质结构的多目标优化方案,能有效地降低打印材料成本,并使打印物体满足所要求的物理强度,受力稳定性,自平衡性及可打印性。实验结果表明新方法比实心打印能节省约 70% 的材料并缩短制造时间,比已有的方法都更具成本效益。



3D 打印将为我们的制造业带来怎样的变革

3D 打印技术最突出的优点是无需模具就能够成型,也不需要机械加工,就能直接从设计好的三维图形数据中打印出任何形状的物体,它是工业设计利器。而传统的新产品最核心的一个环节就是要打样、做手板,很多高端产品能够设计出来,最大的困难是生产不出来。

中国的企业提倡转型升级,很多企业也确实想“创造”+“制造”两条腿走路,无奈配套技术或者条件不成熟,导致新产生即使设计出来了,却找不到合适的手板厂或者小批量试制的服务,不是成本太高就是无法用传统方式实现,导致新型设计胎死腹中,束缚了前进的脚步。

有些企业随之“转变思路”,在新产品设计中采用“金牙设计”的方式,将工业设计视为“包装”技法,于是“镶钻石的手机”、“香水手机”等所谓时髦的产品在中国市场上出现,但最多也就是抢夺一时的眼球,很快归于沉寂。这种创新道路显然不能帮助企业转型升级。

3D 打印技术的出现,对于这样的企业来说无疑是最大的福音。他们的创意设计不再需要担心无法打样和制造,并且非常高效快捷,能极大的压缩时间成本,帮助加快新产品上市时间,抢占市场制高点。“无拘无束地设计,随心所欲的制造”,这就是 3D 打印技术能够带给创新型企业的最大价值。

除了新产品打样、试制,3D 打印技术能带给制造业的变革还有直接“快速制造”,就是直接用 3D 打印技术制造最终的产品。虽然这方面的应用目前还只占 3D 打印技术的一小部分,但是已经在不少领域成为现实,比如个性化创意产品的定制,比如高端装备的小批量零部件,比如生物工程中打印牙齿、骨骼、细胞、器官、软组织等。这意味着,制造企业不再需要采购繁复的生产加工设备,只需要一台 3D 打印机就能完成新产品的制造,并且极大地减少产品交付周期,品质更加稳定统一,能灵活满足客户的个性化定制需求。

3D 打印技术将渗透制造业的各个环节

如今,除了快速制作设计原型,从最初的概念设计到最终产品制造,3D 打印在产品设计的各个环节都具备变革性优势。尤其是在竞争激烈的市场环境下,在产品制造过程中选择 3D 打印技术变得尤其重要而有效。

通常生产成本的 80% 是在设计阶段决定的,设计阶段是控制产品成本的重要环节。所以在产品设计早期及时发现产品设计过程中的缺陷,及时修正,从而避免后续生产的问题十分重要,其中模型制作是我们可以利用的重要环节。一流企业在产品设计早期,就会使用 3D 打印设备快速制作足够多的模型用于评估,不仅节省了时间,而且减少了设计缺陷。随着产品设计研发的进展,他们会采用 3D 打印反复制作手板模型用于设计沟通、设计验证、装配测试和宣传展示,以实现产品功能改善、生产成本降低、品质更好、市场接受度提升的目标。

在产品小批量试制阶段,3D 打印为快速打样提供了最佳方案,3D 打印出来的样品可以用于宣传展示、市场调查、试销售等。而在产品量产环节,也已经有越来越多的企业在采用 3D 打印方式来加快交付周期、降低个性化定制价格、改善产品交付质量,以及提高生产效率。

近年来,3D 打印技术发展迅速,在各个环节都取得了长足进步。通过与数控加工、铸造、金属冷喷涂、硅胶模等制造手段结合,该技术已成为现代模型、模具和零件制造的有效手段,在航空航天、汽车摩托车、家电、生物医学等领域得到了一定应用,在工程和教学研究等应用领域也占有独特地位。

改革开放以来的三十多年,制造业一直是我国经济发展的强劲动力。经过近十年的快速发展,就总量和规模而言,我国制造业已位居世界第一。未来若干年内制造业的持续健康发展仍是我国经济发展的主要动力,而未来十年是我国制造业转型升级、从“制造大国”走向“制造强国”的关键时期。

我国的制造业企业应该密切关注世界先进制造技术动向,不断吸收信息、机械、材料以及现代管理等方面的高新技术,积极吸收和利用 3D 打印、3D 数字化等最新技术,并将这些先进的技术综合应用于制造的各个环节和全过程,实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,从而保持我国制造业的竞争优势。■

TIPS:

3D 打印趣闻图说

山东一家 3D 打印公司的精巧工艺品

在山东潍坊赛迪精密机械制造有限公司生产车间,一名工作人员从一件打印完成的立体塑料工艺品前走过。该企业目前 3D 打印设备最小可打印 0.2 立方毫米、最大可打印 7167.2 万立方毫米的各类器件,打印成品可应用于工艺品、航空航天、医疗、汽车零部件等多种领域。



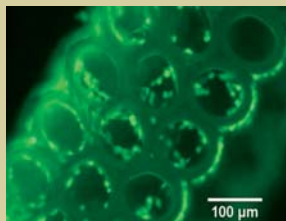
“3D 打印”个性化纪念品在沪受青睐

9 月 17 日,在上海科技馆举行的“3D 打印世界”预展吸引了众多市民前去参观。市民们对一些新奇而富有个性化的纪念品表现出了极大的兴趣。



用维生素 B2 3D 打印医用支架等埋植剂

北卡罗纳大学生物医学工程一个研究团队最新成果表明维生素 B2 可以用作 3D 打印医用埋植器的材料,该材料将具有更好的生物相容性。双光子聚合是物质在发生双光子吸收后所引发的光聚合过程。双光子聚合中通常使用光敏性化学剂即光引发剂促使液体物质聚合转化为固体聚合物。双光子吸收主要发生在脉冲激光所产生的超强激光的焦点处,因此也只有在焦点处才会发生液体向液体转变的相变化,所以可以利用该特性根据物体的轮廓打印出相似的物体。打印之后冲去剩余的液体,只留下固体支架结构。该技术可以制作一些如支架,组织工程中一些身体组织的替代品以及显微操作针等实体物用于药物传递。

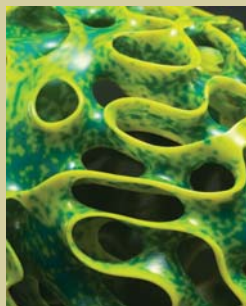


TIPS:

3D 打印趣闻图说

伦敦科学博物馆展出的 3D 打印艺术品

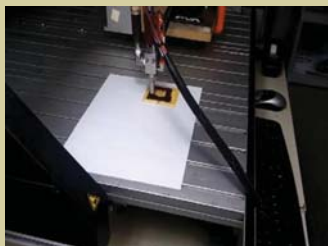
2013 年 10 月 9 日至 2014 年 7 月 10 日,伦敦科学博物馆展出一场主题为“3D 打印未来”3D 印刷展,展出逼真的人物或幻想生物的 3D 印刷雕像。专业生产 3D 打印机的 Stratasys 公司负责生产并陈列展品。图为“Pneuma 2”,是麻省理工学院教授 Neri Oxman 的用艺术手法展现了一个人的肺。



NASA 出资研发 3D 食品打印机

美国国家航空航天局(NASA)近日向德州系统与材料研究有限公司提供 12.5 万美元的研究经费,资助其开发可打印出披萨、营养面糊及各种其他食品的 3D 食品打印机。该设想一旦成功,不仅可以为探索遥远星空的宇航员提供食物,还有望一劳永逸地消除由人口增长所导致的粮食不足这个世界性难题。

他们设想,未来的 3D 打印机就像冰箱、微波炉和煤气灶一样成为厨房的必备设备。想要吃饭,就到街边的杂货店买来 3D 打印机墨盒所需要的打印粉和食物油,根据自己身体的营养需求,按配方打印出所需



要的食物来。开发商设计的墨盒中包含碳水化合物、蛋白质、色素、调味剂及微量元素等营养成分,保质期可长达 30 年,这意味着所有的营养成分在过期前都会被消耗一空,这样就会杜绝粮食浪费的现象,这也是 3D 食品打印机最突出的优点。

欧空局新项目将实现 3D 打印金属部件

据英国广播公司(BBC)10 月 16 日消息称,欧洲空间局(ESA)日前公布的一项最新计划,正试图步入 3D 打印的“金属时代”。这项代号为“AMAZE(惊奇)”的项目将致力于实现以金属为原材料的 3D 打印生产。项目计划投资 2000 万欧元,欧洲空间局力图通过该项目,为飞机、飞船及核聚变反应堆打印零部件并推向深空,同时也将 3D 打印技术由当前的以塑料为主材带入意义更为多元的“金属时代”。■



杭州先临三维科技股份有限公司,是一家专业提供三维数字技术综合解决方案,集研发、生产为一体的国家火炬计划高新技术企业、软件企业。先临三维拥有高精度三维测量系统(三维扫描仪)、大范围三维测量系统、高速三维取相系统、3D 打印技术以及三维软件等产品,是国内相关技术领域综合实力最强、技术种类最多、服务保障能力最强的三维数字技术企业,产品和服务销往 50 多个国家和地区。先临三维将这些三维数字技术运用于制造业、医疗、文化创意、教育等领域,协助各领域的创新型企业进行快速设计、快速制造、快速检测、自动化定位、个性化定制等工作,促进创新开发实现更高效率、更好品质、更低损耗。

身边的 3D 打印乐园

——记杭州先临三维技术创新案例

“在美国,价格低、操作简便的小型家用 3D 打印机已到了‘每 4 公里范围内有一台’的普及程度,其购买量不断攀升。在我国,华中科技大学、西安交通大学、清华大学等高校和科研机构也相继研发出多种系列的 3D 打印机,部分技术已达到世界领先水平。”

这正是近日新华网报道的“3D 打印:第三次工业革命的重大标志”文章里所描绘的。

欧美发达国家虽不是最大的产品制造区域,但却一直都是全球各类产品的最大的研发地和消费区域,许多产品经由欧美发达国家企业和设计师的设计,图纸发往亚非等发展中国家进行集中的批量制造,随后又销往欧美发达国家进行消费。

过去几十年制造业的发展,受制于加工技术的水平,人的体力劳动和脑力劳动在产品的实现过程中占据着同等重要的作用,因此制造业大体上形成了由发达国家设计和创作,由发展中国家制造和实现的分工模式。随着更加自动和智能的加工技术的应用,越来越多的简单、重复性的体力劳动可以逐渐被设备取代,生产制造也可以在干净整洁的环境中由机器自动完成,仅需少数高素质操作人

员,通过软件的协助,即可驾驭大量的设备开展高效的制造工作,这就是欧美国家提出再工业化的基础动因。

抓住潮流进军 3D

人们消费观念的转变导致产品制造模式的调整。个性化消费、追求新鲜的消费习惯日渐盛行,迫使产品开发更新速度变快,产品生命周期缩短,工厂接到的订单由过去的“少品种大批量”,逐步变为“多品种小批量”,使得过去靠大规模生产、集中制造的生产组织模式逐渐失去优势,而基于网络的协同设计、分散制造、柔性制造等模式开始萌芽,减少中间流通环节,在消费地实现直接制造是将

来的趋势。因此,不具备产品开发设计能力,或开发速度慢的企业,就难以顺应市场快速变化的要求。

市场对新功能和高品质的要求促使设计思路的转变。环保(减少浪费)、节能(轻量化、低消耗)、性能优化(结构加强,效能提升)等趋势,对产品设计结构和造型提出更加复杂的需求,许多设计和创作思路开始取材于自然界的各种实物,采取仿生原理进行设计,对传统制造工艺提出了更高的挑战。

发展中国家在劳动力、资源、政策上的红利正在逐步消失。那些不掌握原创技术和设计的制造企业,仅是简单地执行制造任务,产品附加值不



图 1 人们所设想的未来基于数字化技术的“设计—生产—消费”模式

高,以劳动力和资源成本为主要竞争优势,由此造成了当地劳动力水平简单化、资源过度开发、环境污染等问题,随着劳动力成本不断提升,企业利润逐年下降,竞争力减弱,劳动密集型产业逐步向成本更低的欠发达国家转移。

这些变化都推进着技术和应用必须向着更高水平前进。

◆ 三维数字化技术：给机器装上“眼睛”

三维数字化是信息时代的必然趋势,是数字化制造的重要基础。三维数字化技术的出现,是计算机视觉和测量技术的一次革命,它能快速、准确地将真实世界的立体形貌转换为计算机能直接处理的数字模型信息,是获取实物完整形貌信息的最高效手段。

人对外界信息的感知 80% 以上

是通过眼睛,三维数字化技术,相当于人工智能中的视觉智能,让机器具备像人一样“看”的能力,能够获取被看到物体的立体形貌和参数信息,比人眼看得更准确、更完整。我们都相信未来的人类世界必然是一个自动化、智能化的世界,这都以数字化为基础,而三维数字化,则是众多数字化手段中最为重要的一种,通过它“所见即所得”的技术原理,实现虚拟世界和现实世界的直接交互,进而突破时间和空间的限制,帮助人们实现高效的协同工作。

客户需求的提升和市场竞争的加剧,驱使制造企业逐年提升对产品质量、制造效率和成本控制方面的要求,能够快速、精确地测量产品、样件的尺寸参数和数字模型,以此为基础进行快速的仿形和改型设计、仿真模拟、快速成型、品质检测等,是加快设计效率、提升品质、降低损耗的关键,

以“三维数字化”技术为原理的三维扫描仪,可以在数秒内精确地测得物体的立体数字模型(精度可达 7 微米),其结果可与计算机接口或通过软件实现与各种数控加工装备的衔接,是制造业逐步实现数字化设计与数字化制造的基础技术之一,使其在工业制造领域有着非常广泛的应用前景,是企业进行高效产品设计开发、品质检测的必备工具。

除此之外,先临三维还针对汽车、家具、医疗、文物、教育等行业分别开发了弯管自动检测系统、三维自动喷漆定位系统、三维脊柱手术导航系统、文物彩色三维重建系统、三维扫描 & 3D 打印一体机等多种基于三维数字化技术的专用产品,给机器装上“眼睛”,提高工作效率和准确性,并成为工信部授权的白光三维测量系统行业标准第一起草单位。

如果说三维数字测量(三维扫



图 2 使用白光三维扫描仪快速、精准地获取叶轮的三维数字模型



图3 使用三维扫描技术,获取汉代石雕文物的三维数字模型,用于数字化存档和修

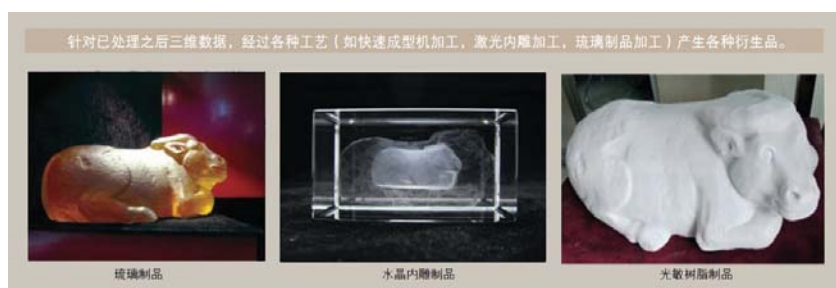


图4 使用3D打印技术,基于三维扫描获取的3D数模进行文物衍生品创作

描)技术解决了三维数据获取和验证的问题,有效促进了产品数字化设计和检测,3D打印技术则有效促进了新产品的快速开发和快速制造。

◆ 3D打印现实推广:机遇大于困境

3D打印技术是一种高自由度的精巧加工方式,对任意复杂造型的产品,只要有它的3D数字模型,均可实现自动制造。过去许多的设计工作,往往考虑制造工艺的限制,不得不对设计结构进行拆分、调整、再拼装,而不是基于性能的需要直接进行最优化的设计,有了3D打印机的协助,它帮助设计师实现“所想即所得”,使设计师在任何时间、任何地点制造任何造型的产品,只有想不到,没有做不到,这就是3D打印的魅力所在。

随着我国3D打印技术的不断突破和全球市场份额的增加,美国得克萨斯州大学 Davidl·bourell 教授预言:中国有望成为最大的增材制造业国家。

尽管社会各界对这项技术的能力充满了憧憬,相信它未来将改变制造业的格局,然而产生仅20余年时间的3D打印技术现状仍然制约其无法成为制造业的主要加工工艺:

首先,3D打印用的材料种类不



图5 使用尼龙粉末3D打印机打印出的汽车歧管,可用于200小时实际功能测试

广、成本较高,目前可用的打印材料,在性能上仍无法和许多最终产品的材料媲美。3D打印设备在进行个性化、小批量制造和复杂结构制造时,成本和速度优势明显,但在进行大批量制造和简单结构制造时,相对传统制造方式没有优势。

其次,3D打印设备的批量加工速度不快,加工范围不大,设备成本高昂。

再次,设计师的思路需要根据3D打印工艺进行调整。目前大部分产品设计师,已经习惯于按照传统加工工艺的特点进行设计,在此设计思路下做出来的部件,更适合使用传统加工工艺进行制造。只有设计师调整思路,基于性能做设计,就会更多地考虑集成设计、轻量化设计、流线结构设计等优化设计思路,届时“依最佳性能而造”的复杂结构产品将会大量出现,而这些性能优异的产品就可能只有通过3D打印的增材制造模式才能够生产出来。

因此,现阶段3D打印技术还只能是辅助制造手段,无法取代数控切削、铸造等成为主导制造技术。但这并不掩盖3D打印技术为制造业发展已经做出的巨大贡献。近年来,3D打印技术发展迅速,通过与数控切削、铸造、金属喷涂等制造手段结合,该技术已成为设计模型、高端模具和零件制造的有效手段,在航空航天、汽车摩托车、家电、生物医学、文化创意、建筑工程、教学、科研等众多领域得到了广泛应用。

综合型 3D 打印服务中心:推进杭企与 3D 打印亲密接触

目前,主流的 3D 打印技术种类已达到近 10 种,不同种类的技术工艺适用于不同的材料和性能,没有一种工艺能够完全代替其他,先临三维在杭州设立了目前国内 3D 打印技术种类最多的综合型 3D 打印服务中心,针对国内企业的研究开发与快速制造提供 3D 测量,逆向设计,3D 打印,小批量制造,全尺寸检测等服务支持,为不同类型的应用需求提供专业支持。同时,针对一些特殊应用领域开发专用 3D 打印装备。

总结先临三维的经验,3D 打印技术在产品开发过程的应用,大致可以归类为两大环节:



1. 设计、验证环节

通常产品的生产和使用成本中,有 80%是在设计阶段决定的,设计阶段是控制产品在整个生命周期中总体成本的重要环节。一个没能在早期发现的设计缺陷,如果投入生产,进入市场,就可能给企业带来巨额的经济损失和品牌形象损害。

模型件在产品设计的早期阶段至关重要,它协助设计方案选择,并对产品研发生产的后续环节产生影响。相比设计图纸,模型件有着无可比拟的优势,产品的视觉感受更直观,细节更明确,设计团队的每个成员都可以通过

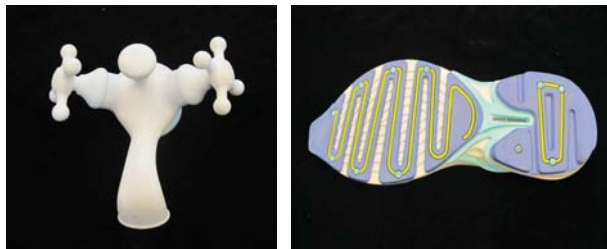


图6 使用彩色 3D 打印设计制作的卫浴水龙头和鞋底的模型件

直接的接触来感受外观设计效果,使设计造型的讨论建立在更加真实的基础上。模型件也可以用于与客户沟通,分析设计是否能够被市场认同,具备产品化的意义。使用 3D 打印制作模型件,不像传统的开模制造或者人工制作模型,它速度更快,成本更低,整个过程在办公室内即可完成,降低了设计图纸外泄的风险。

无论是设计重型装备、飞机汽车零部件等工业品、还是建筑、办公用品、鞋子或玩具等生活和消费品,3D 打印都是快速制作各类模型件的理想选择,可以实现跨部门设计沟通、讨论、修正,让企业做出更加明智的选择。一流企业在产品设计早期,就会使用 3D 打印设备快速制作足够多的模型,用于设计评估和测试,及时修正设计缺陷,避免生产环节高昂的修正支出,并加快产品上市进度,及早获利。

当产品外观设计基本定型,设计师要做装配验证/功能测试件,一般包括内部结构是否合理、功能形态是否符合要求、运作是否顺畅等,设计师可以随时在办公室里使用 3D 打印

制作测试模型,充分验证新设计的功能性,及时完成设计优化,以得到最佳设计品质,缩短开发周期。进行功能测试的 3D 打印机需要高精度、高分辨率的打印能力,并且要求材料根据测试的需要,具备韧性、强度、耐高温等多种严谨的参数性能。



图7 蓝牙耳机的装配测试件,采用高精度 3D 打印机一次成型制作,材料质感与最终产品接近



图8 眼镜的装配测试件,采用高分辨率 3D 打印机制作,使用具备韧性的打印材料

2.制造环节

充分完成设计验证,最终确定产品造型与结构后,可以使用 3D 打印制作原型件,进而翻制小批量制造用的快速模具,实现小批量生产,作为最终产品使用,或作为大批量生产前的试制品,用于与客户沟通、确认订单,增强接单能力,有效降低投资风险和缩短产品上市的时间。

一些 3D 打印机,可以直接打印出高精度、高分辨率的蜡质原型件,进而通过失蜡铸造等方式,直接生产单件产品,目前在珠宝首饰和精密金属零件的制造中已广泛使用,逐渐成为这类产品的主要的制造方式之一。

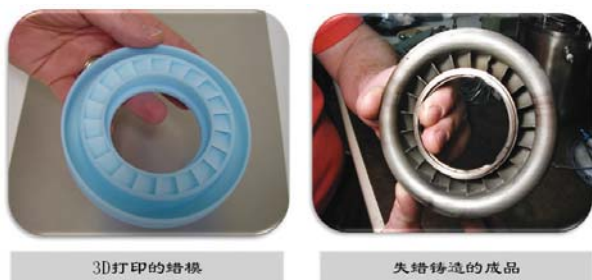


图9 3D 打印机制作蜡模

尼龙或金属粉末 3D 打印技术,可以用于直接制造航空航天配件、骨科个性化植入体、异型手术器械、带异型冷却流道的注塑模具等高端产品,不受产品设计结构和造型的限制,直接快速、低成本地制造出传统工艺无法制造的产品。



图10 使用金属 3D 打印机直接制作的带内部异型冷却流道的注塑模具

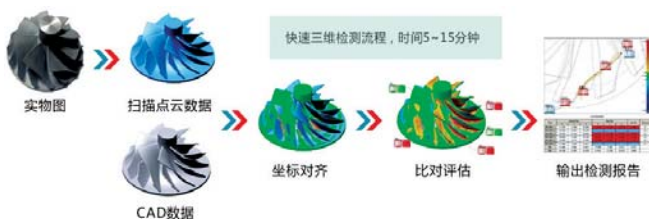
这些 3D 打印的直接数字制造或快速制造方式,显著缩短了产品的生产周期,减少了劳动密集型的生产环节,并且由于采用的是加法式制造技术,区别于数控机床的切削等减法式制造方式,基本上是生产多少体积的产品,所耗费的也就是近似体积的材料,因此材料浪费和污染明显减少,设备能耗低,可以在办公环境下使用,非常适合批量不大、但对性能要求高的高附加值产品的直接生产,以节约制造成本,缩短“开发——制造——交付”的周期,强化差异性定制,改善产品性能。



图11 3D 打印直接制造出来的根据个人膝骨曲面结构设计的膝关节植入体,提高治疗效果

案例 1:为飞机制造厂商提供关键零件的快速检测方案

先临三维曾为某国内著名飞机制造厂商提供关键零件的快速检测解决方案。该飞机制造厂从供应商处采购机翼构件的钛合金铸件,要求准确检测出铸件的切削加工余量,并标识出加工基准面,过去,质检员使用量尺、量规和三坐标检测仪等接触式的测量工具,检测一根 2 米长的铸件并确定加工基准面,需要 3 个熟练员工用 5 天时间(15 个人工天)来完成,并且有时可能受人的能力、情绪、责任心等因素影响,导致结果不准,无论是人力成本还是时间成本都很高,后来,采用非接触三维光学测量方案,用先临三维自主研发的 Shining3D 扫描仪,配合 Shiningform XOV 全尺寸检测软件,整个铸件的三维尺寸模型获取到电脑中,与预先设计好的 CAD 数模进行重叠比对,让软件自动分析出加工余量,并确定加工基准面,使检测时间压缩到 2 个人 1 天(2 个人工天)完成,并能确保每次检测结果的一致性,极大地缩短了产品交货时间,降低了综合成本。



案例 2: 先临三维“3D 水晶照相”

使用三维相机快速拍照,经过配套软件处理含有立体数据的人像,用激光在水晶方块中立体打印,十分钟以内,就可以快速完成整个人像的个性化定制。这套技术使用成本低,耗材便宜,易学易用,是目前世界上最快速、最实惠的立体模型 3D 打印方式。



案例 3: 3D 打印的义肢

使用三维扫描获取健全肢体的三维数字模型,经功能设计后,用尼龙粉末 3D 打印机打印出一体化结构的义肢,轻量化,有较好的韧性和强度,并且具备和健全肢体一样的形貌外观。



案例 4: 3D 打印大大改进了离心转子机



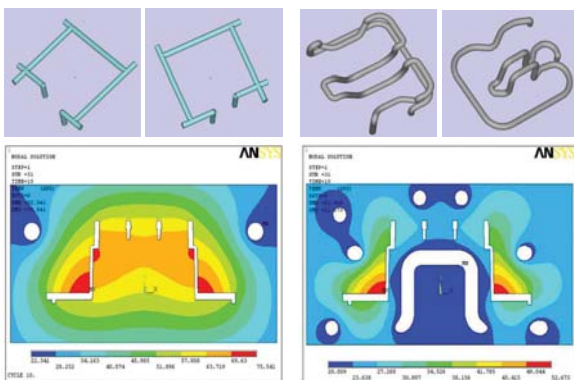
医疗中用的离心转子机,中图为传统加工工艺制作的转子,中间主体部分由 32 个部件装配组成,只能安装 12 根试管。右图为使用 SLS 尼龙粉末烧结的 3D 打印技术制作的转子,采用集成设计后,主体部分仅减少为 3 个部件,并且将可安装试管数提升到 32 个,极大地提高了机器的效能。



案例 5:

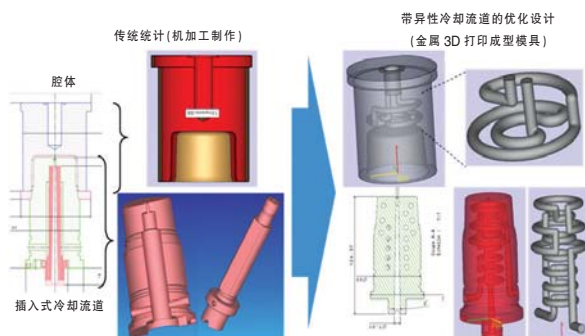
传统模具和 3D 打印制作模具效能对比

(1) 左图:传统注塑模具制作时间:300 小时;右图:内部带异型冷却流道的注塑模具制作时间:85 小时(35



左图:传统模具冷却流道的降温效果,热点:75.5°C;

右图:3D 打印异型冷却流道的降温效果,热点:52.6°C



小时打印时间+50 小时后处理时间);

(2) 注塑生产冷却时间缩短 60%,在不增加任何生产设施投入的情况下,通过优化对注塑模具的设计,让冷却时间大大缩短,生产量提升达到 30%;

(3) 由于异型冷却流道可以均匀降温,使注塑产品的品质得到大幅提升。

案例 6: 使用金属 3D 打印快速制造航空燃油喷嘴



使用金属 3D 打印快速制造航空燃油喷嘴具备如下优势:

(1) 高度复杂的设计,制造过程由机器自动完成,无人值守;

(2) 交付时间大幅减少,从原先的 6 周缩短为 2 周(含后处理时间);

(3) 相比过去的加工手段,显著的降低成本至少 50%;

(4) 一体化设计和制造的结构,无焊接,使零件具备最佳的强度和力学性能;

在相当一段时间内,3D 打印技术用于大批量的直接

数字化制造似乎还不太可能,但不可否认,三维数字化设计和检测与 3D 打印技术已经为企业进行产品创新设计、加快产品开发和上市速度、促进品质提升、减少浪费和返工等做出很大贡献,实现产品附加值的提升。

2013 年的欧洲模具展上,一位年轻德国设计师,经过两年多时间的潜心研究,使用尼龙粉末 3D 打印机设计、制作新型的零件抓取系统,解决了注塑设备上传统手爪系统的问题,在 2012 年产品开发成功推向市场后,已累计实现超过 1000 万欧元的产值。这项技术让用户的使用成本大大降低的同时,进一步提升了产品性能。

这个事例让我们感受到,三维数字化和 3D 打印技术的应用,将极大地释放设计师的创造力,让“无拘无束地设计,随心所欲地制造”从梦想变为现实。产业转型升级,需要“设计驱动制造”,掌握了先进的技术手段,坚信,我们可以做到更快、更好、更有价值。

案例 7: 智能化、轻量化手爪系统

该手爪系统的设计是为了将注塑设备上加工的零件自动从设备上取出而设计,该系统的特点如下:

- (1) 轻量化设计,一体化构造,通过空气压缩后形成吸力,对被抓取产品无伤害;
- (2) 重量从传统产品的 1500g 减少到 210 克;
- (3) 500 万次的使用测试;
- (4) 一套爪盘的售价从传统工艺的 3000 欧降到现在的 1500 欧,利润空间却比传统产品极大的提升;
- (5) 整套产品加工时间从传统方式的 2 个月减少到现在的 10 天;



案例 8:

油井设备钻头的设计沟通模型

新疆某油井开采设备的钻头模型,主要用来做设计评估和沟通交流,还能满足简单的装配测试。钻头的尺寸是 200mm,采用的是树脂光固化原理的高精度 3D 打印工艺,制作时间 12 个小时。



案例 9: 实验室器件的直接制造

全国大大小小的实验室、研究所不计其数,专家学者在科研过程中需要使用的器件往往是需要个性化定制的东西,使用开模制造的方式非常昂贵不说,还很耗时,这对于科研工作也是一个阻碍,现在有了 3D 打印技术,需要什么零部件,几个小时最多一天就快速制造出来了,不仅大量节省时间,而且成本大幅下降。

图上是金属零部件,它的特征是有很多小圆柱,每个圆柱的直径是 0.3mm,每个圆柱之间的空隙才 0.1mm,研究所人员先是采用了开模制造的方式,花费了好几万,结果证明根本无法完成,最终靠 3D 打印技术解决了问题,因为 3D 打印技术无论面对多么复杂的造型或者结构都能顺利实现成型制造。杭州先临三维 3D 打印服务中心的技术人员使用了 SLS 金属粉末烧结成型的技术来制造这个金属零部件,费时 2 小时,攻克了不能完成的任务,实现了研究项目的顺利进展。





在一些发达国家，经过十多年的探索和发展，3D 打印技术已经有了长足的进步，也已经初步形成了具备各自特色的成功商用模式。

3D 打印机就像当年的个人电脑一样，正在呈现两种发展趋势：一是低成本趋势，个人、家庭用 3D 打印机从 2011 年的全球 23000 多台，增长至 2013 年初的 35000 台，正在变得越来越普及；二是 3D 打印的成果应用于越来越重要的领域。目前，各国在 3D 打印技术上各自选择了哪些前沿方向、主要取得了哪些前沿成果？中国发展 3D 打印产业，有哪些方向可以借鉴学习？这些都是非常值得研究探讨的问题。

加拿大

1. 3D 发展走简易、低廉路线

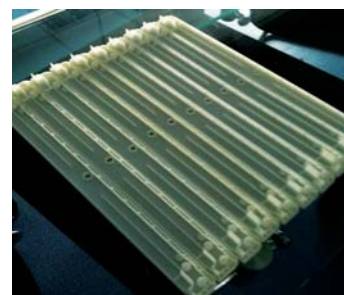
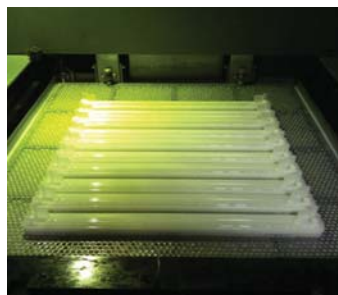
加拿大复合材料专家耐森·阿姆斯朗一直在领导一个合作开发的 3D 打印技术项目，该技术可用连续增强纤维材料生产复合材料零部件。

阿姆斯朗正在开发的技术采用一种专有工艺，这种工艺采用 6 轴 3D 打印机可以以任意角度进行打印，并使用最适合这种机器的热塑性增强碳纤维长丝，制造最终的连续纤维结构体。该系统还可以将多个零件联接成一个更复杂的部件。此外，额外的打印头可以同时进行拼接和纤维编织。

阿姆斯朗认为，这项技术跳过了整个传统的工程设计过程，产生了高度优化的零件，材料浪费为零，“这是未来结构性复合材料部件的生产方式。”其团队预计这项 3D 打印的制造系统将在 3

案例 10: 塑料件小批量试制

这是先临三维 3D 打印服务中心为某国际客户 3D 打印而成的塑料件，采用的是树脂光固化 3D 打印工艺一次性成型，一共 10 个 400mm*60mm 的塑料部件，各部件之间可装配。3D 打印花费的时间是 8 小时，相比机加工方式，节约时间约 2 个工作日。■



至 5 年后进入市场。

此外，来自加拿大萨斯喀彻温省的赖兰·格雷森于近期发明了 Peachy Printer——世界上第一台售价 100 美元的 3D 打印机。Peachy Printer 是一种光刻打印机，利用可控的光束，把感光树脂变成硬物，Peachy Printer 沿着 X 轴和 Y 轴移动激光束，绘制物体的形状，同时，采用滴灌系统来控制 Z 轴上的树脂以决定物体的高度。



2. 争议下的武器打印研究

使用 3D 打印技术进行武器制造的争议一直存在，但近日，加拿大政府 RCMP/ 边境服务和刑事情报局投资了一些公司，希望研发出基于 3D 打印技术的武器、弹药以及枪支配件等。

虽然 3D 打印技术能够快速地制造产品，但就目前来说，如果应用在武器领域，实际上的投资比使用现有技术直接制造或者购买武器要大。但随着 3D 打印技术的不断提高，这方面的成本可能会越来越低。

2013 年 5 月，美国政府也曾订购了一家德州公司的 3D 打印技术来制作手枪，当时名为 Liberator 的 3D 打印枪蓝图在网上泄露，很快便被下载了 10 万次以上，这事件也引起了政府相关安全部门的警惕。使用 3D 打印机快速制作武器，成为了各国军事投资的一个新方向。同时，由于 3D 打印技术人人都可以使用，一旦武器蓝图泄露便可制造武器，这是非常严重和可怕的后果。所以各国也在对相关法律法规进行规划。

10 月，据英国曼彻斯特媒体报道，警方在突击检查犯罪组织时，发现了可能是 3D 打印机制造的枪支零部件，这是英国第一宗类似案例。警方发现了一台 3D 打印机，一本有关 3D 打印的杂志，以及一个可能是 3D 打印生成的扳机，显示嫌犯可能要打印制造枪支。

为防范枪支事件，加拿大公安部最近正在招标，要求厂商研究此现象，希望于 2014 年 3 月以前取得报告。

日本

日本 3D 打印机发展相对其它国家而言较慢，但仍希望能凭借本国技术优势和 3D 金属打印机的研发来赶超其他国家。

2013 年 1 月 24 日，日本矢野经济研究所公布了对日本 3D 打印机市场的调查结果，3D 打印机用户此前多为大企业，但近年来也逐渐扩展到了中小企业，因此采用 3D 打印机的企业在不断增加。3D 打印机的供货金额和供货量，2011 年度分别为 41.25 亿日元和 638 台，2012 年度增至 56.55 亿日元和 1010 台。预计 2015 年度 3D 打印机的供货金额和供货量将分别达到 77 亿日元和 1800 台。

1. 发展方向：个人化、小型化

近日，日本 Unirapid 公司开发了一款小型的 SLA 3D 打印机。该款高精度小型 SLA 3D 打印机与高端产业的 3D 打印机有着相同的打印精度和质量，被命名为基于立体光刻印刷技术的 Unirapid 3 代 3D 打印机。立体光刻技术可以使打印机建立一个最低层次厚度为 0.05mm 的模型；构建信封是 150x150x150mm；使用的材料为树脂硫辛酸 18420，这是一种类似于 ABS 的液体，是产生精准测量部分的光聚合物。



此外，销售商、世界第二大电器销售连锁店山田电机 (Yamada Denki) 也在近日宣布，将联手 JB 集团的成员之一、日本最大的高科技公司 Iguazu 进军 3D 打印机市场。山田电机在日本拥有 700 多家门店，拟计划把 3D

打印机业务推广到全国,将先在东京池袋店销售 3 款不同型号的 3D Systems 3D 打印机。根据协议,Iguazu 将承担 3D Systems 3D 打印机的分销商,并提供维修服务,出售的 3 款 3D 打印机型号分别为个人 3D 打印机 Cube、Cube X 和企业 3D 打印机 ProJet 3500。而作为试点店,山田电机 LABI 1 池袋店将进行内部装修,在不久将来推出体验活动。

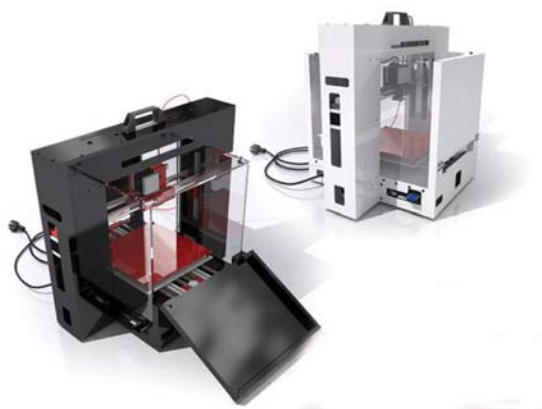
2.鼓励联合研发

日本政府今年 6 月份出台的经济发展战略宣布将 3D 打印机的研发列为发展重点。企业和大学将有望在数年后投入使用。日本经济与贸易部与主要的重工业制造企业、大学联合,计划于 2014 年共同成立一个用于开发 3D 打印机的研发团队。目前 3D 打印机主要用于打印塑料制品。但是新一代 3D 打印机将能够“复制”出发动机和飞机部件。日本企业擅长于金属粉末制备技术,可以借此充分发挥这项技术的优势。

3.成立 3D 打印机研究会

日本近畿地区 2 府 4 县与福井县的商工会议所在本月 22 日成立了探讨运用“3D 打印机”的研究会。研究会由 39 个商工会议所参加,今后将汇总中小企业的意见等,年内召开相关研讨会。

同日,研究会在大阪商工会议所召开了首次会议。大阪府商工劳动部主任研究员松下隆在会上强调,“这将成为中小企业做产品更为多样化的机会。”同时也指出现阶段存在完成相关立体数据的技术人员不足等课题。“3D 打印机”如若普及,生产模具的中小企业工作恐将减少。研究会将思考中小企业如何发挥“3D 打印机”的作用,以加强国际竞争力。



美国

一直以来,美国在 3D 打印机生产方面都占着主导地位。数据显示,2012 年全世界 3D 打印行业总产值达 22 亿美元,其中美国约占 60%,德国、日本、中国各约占 10%。Stratasys 和 3D Systems 这两家世界上最大的 3D 打印产业公司占据着全球 70% 的市场份额。

1.惠普将在 2014 年发布 3D 打印机

3D 打印产业发展经历了三个阶段,从实验室到产业化应用,到产业化培育阶段,然后到产业快速发展阶段。近年来,3D 打印产业快速发展。

惠普 CEO 则在日前表示,“3D 打印还处于婴儿期,有很大的机会。”3D 打印的拐点预计将在 3 年后出现。公司正在研发 3D 打印机,努力制造比市场上现有产品更快和更廉价的产品,将在 2014 年年中前发布。如果惠普推出的设备价格低廉,对于 3D 打印的普及会有更好帮助。



3D 打印机主要有家用级和工业级两大类,其产品的生产成本和打印效果也有明显差异。由于家用与工业用 3D 打印的精度差异较大,所用机器的价格也会相差十几倍甚至几十倍。例如,家用级 3D 打印机售价大约 1 万至 3 万元,而工业用机器价格则在十几万元至几百万元之间不等。惠普推出 3D 打印机估计是面向普通消费者和创意设计方面使用的家用级别。

2.政府、学界高度重视 3D 打印机

美国总统奥巴马在 2013 年国情咨文演讲中强调了

3D 打印技术的重要性,将推动 3D 打印业的发展。奥巴马表达了自己对 3D 打印技术的期望,希望它将成为令美国制造业重新焕发出活力的重要推动力。

美国康奈尔大学副教授兼创新机器实验室主管霍德·利普森(Hod Lipson)指出:“3D 打印正在逐渐渗透入几乎每一个相关产业,比如娱乐、食品、生物以及医疗应用等等。”

作为《3D 打印新世界》一书的作者,利普森则指出,3D 打印技术不会在短时间内取代现有的制造产业,但会促进新市场的出现和崛起。利普森表示:“依托定制化的创意,3D 打印技术将开拓出新的业务模式。这可能为美国带来更大的发展机遇。”

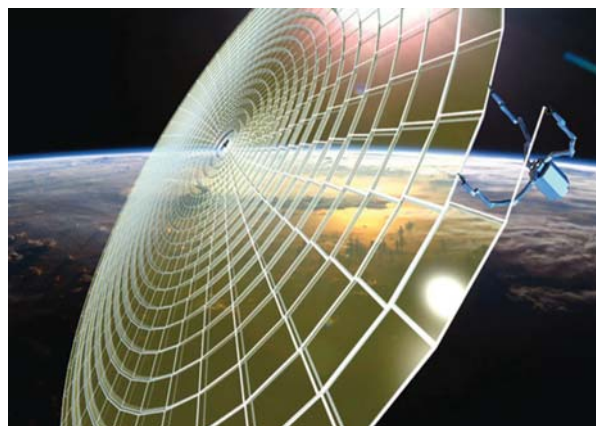
美国的多所高校也开始研究 3D 打印技术。弗吉尼亚大学一直在通过一些项目来推广 3D 打印机产品,该校在夏洛茨维尔市的幼儿园到 12 年级的各个年龄的学生中推广该技术,并希望学生能够具备未来制造业技术的相关知识。

弗吉尼亚大学教授兼科技和教师教育中心主任的格兰·布尔表示:“我们将 3D 打印机带入课堂,比如我们教幼儿园的孩子们如何设计和打印弹弓,然后孩子们就会分析如何把弹弓设计得更有效率。我们认为,美国的每个学校都将在未来几年里在课堂上配备 3D 打印机。”



3.3D 打印机将进入太空

美国航天局(NASA)很重视 3D 打印这项新兴技术,决定要把一整台 3D 打印机带到太空去。早前,NASA 和 Made in Space 已经联合开发了一台鞋盒大小的 3D 打印机,是特别为零重力的工作条件所设计的,计划在明



年 8 月利用美国太空探索技术公司的货运飞船,将新研发的太空 3D 打印机送往国际空间站。届时,人类将首次实现在地球外制造物品,有望提升人类探索太空的能力。

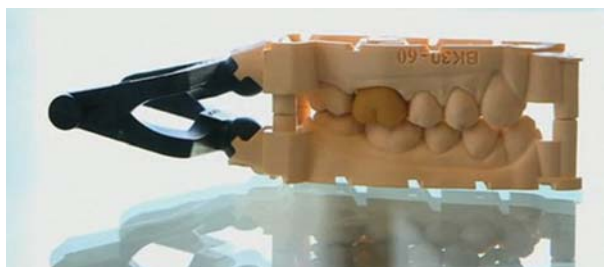
国际空间站现有的 30% 以上的备用部件都可由这台 3D 打印机制造。这台设备将使用聚合物和其他材料,利用挤压增量制造技术逐层制造物品。它的机身由金属完全包裹,正面有一个玻璃窗口,用来让宇航员观察内部情况。在进入国际空间站之后,这台 3D 打印机将为空间站和其中的工作人员制作小型的替换部件,比如夹子和搭扣等等。这将是通往未来的重要一步,可增加太空任务的安全性和可靠性,同时由于不必从地球运输,可降低太空任务成本。

此外,Made in Space 公司还计划在 2015 年为国际空间站提供一个名为“增量生产设备”的太空打印设备,该设备不仅可“打印”物品,还能修理组件并升级硬件等。3D 打印技术对美国航天局的太空探索任务来说至关重要。

德国

1.3D 打印机遍布德国

在德国, 3D 打印机在市场上已经比较普遍。消费者可以通过多种渠道买到, 一是专门销售 3D 打印机的网店, 既有打印机, 也有各种配件; 二是 eBay、亚马逊等综合性网上交易平台; 三是德国大型电器连锁店。产品价格多在 1000 欧元到 2000 欧元, 有的打印机只售 499 欧元。现在的购买者主要是专业人士和时尚追求者, 普通消费者购买得很少。德国不少机构也开始使用 3D 打印技术: 博物馆使用它“复印”文物和艺术品; 医疗机构打印血管、气管等“人体器官”; 建筑公司则打印建筑模型。



德国市场上的 3D 打印机多为“德国制造”, 在德国有一大批 3D 打印企业。2002 年成立的 EnvisionTEC 公司, 已是全球快速成型和快速制造设备的领先品牌, 产品涉及工业制造、珠宝首饰、医疗、牙科、助听器定制、生物科技等

领域。该公司在英国和美国建有销售服务中心和培训中心。而位于德国卡尔斯鲁厄地区的 Nanoscribe 更注重尖端技术。该公司此前在美国一个展会上发布了一款迄今为止最高速的纳米级别微型 3D 打印机。

2.从微型到纳米到复制的快速发展

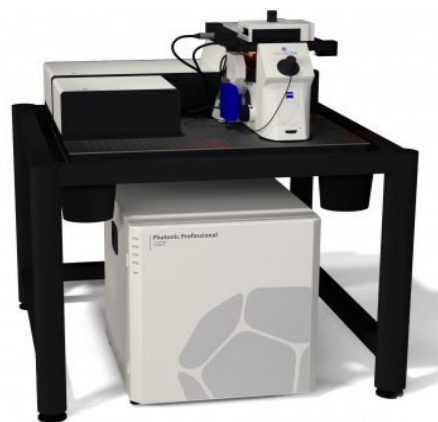
德国速来以技术闻名, 在 3D 打印技术上也独占鳌头。

2012 年 12 月, 德国工业设计师 Stefan Reichert 制造出了一款目前世界上最小巧的 3D 打印机, 取名: XEOS。XEOS 在结构设计上非常紧凑, 长、宽、高分别为 47cm、25cm、43cm, 是世界上体积最小的 3D 打印机。但由于机器本身尺寸限制, XEOS 的最大打印尺寸仅为 122mm × 122mm × 122mm。

这款 XEOS 3D 打印机之所以可以如此小巧, 是因为采用了一种全新理念——打印机控制臂。这个技术使 XEOS 机身外壳尺寸比一般的机型减少了 66%, 而且能够使用户直接在桌面上迅速地创建和验证几何图形。除了外观设计简洁, XEOS 视窗和控制的设计也都一切从简, 外壳上只有一个“stop and open(停止并打开)”硬件按钮, 来进行打印控制并避免超载运行。

紧随其后, 2013 年 2 月, 德国公司 Nanoscribe GmbH 发布了一款迄今为止最高速的纳米级别微型 3D 打印机——Photonic Professional GT。这款打印机能制作纳米级别的微型结构, 以最高的分辨率, 快速的打印宽度, 打印出不超过人类头发直径的三维物体。

这台微型 3D 打印机应用到了全新的激光印刷术: 首先通过 CCD 传感器对通过曝光、扫描产生的原稿的光学模拟图像信号进行光电转换, 然后将经过数字技术处理的图像数码信号输入到激光调制器, 调制后的激光束对被充电的感光鼓进行扫描, 在感光鼓上形成静电潜像, 图像处理装置对诸如图像模式、放大、图像重迭等作



数码处理后,再经过显影、转印、定影等步骤,完成整个印刷过程。

同时,这款打印机还采用了基于双光子聚合的 3D 打印技术,让激光瞬时通过脉冲调制聚合光敏材料,来制作出自我支撑的微型(和纳米)结构,以达到直接激光写入。此外,这款德国的 3D 打印机可以以每秒超过 5 太位(terabits)的速度来打印聚合物波导(polymer waveguides),且精度达到可在一根头发上打印出一个 10 个字母的公司名称。

Photonic Professional GT?3D 打印机在生物医学以及纳米科技领域,都有着深不可测的潜力。它可用来制作许多需要定制的部位,也可被用于研究如何防御生化武器,为全人类造福。

更进一步地,德国 Doppelbock 大学的一组研究人员发明了一台功能十分强大的 3D 打印机。与以往的 3D 打印机不同,这台打印机最大的特点是具备“自我复制”的能力。这款 3D 打印机能支持打印一个比自己小的子 3D 打印机,实现了某种程度上的复制能力。其打印出的子 3D 打印机并非只是一个模型,而是具备继续复制打印更小 3D 打印机的能力。这意味着未来 3D 打印机或许将没有“制造生产”这个概念。

研究人员表示,目前他们已经将该 3D 打印机成功复制了 12 代,如果每一台打印机继续复制,由一台母打印机产生的子打印机将会呈几何倍数增长,这将大大提高 3D 打印机的生产能力。这是世界上第一台具备自我复制能力的 3D 打印机,它的出现有望改变世界。

英 国

1.在人体内部打印干细胞

2013 年 4 月,英国研究人员首次用 3D 打印机打印出胚胎干细胞,干细胞鲜活且保有发展为其类型细胞能力。研究人员说,这种技术或可制造人体组织以测试药物,制造器官,乃至直接在人体内打印细胞。

研究人员在 5 日出版的《生物制造》杂志发表论文说,检测结果显示,打印 24 小时后,95% 以上细胞仍然存活,打印过程未杀死细胞;打印 3 天后,超过 89% 细胞



存活,而且仍然维持多能性,即分化出多种细胞组织的潜能。

胚胎干细胞 3D 打印机配备两个“生物墨盒”,一个装着浸在细胞培养基中的人体胚胎干细胞,另一个只有培养基。计算机控制微调阀喷出“墨水”,打印机上有显微镜显示细胞打印情况。两种“墨水”一层一层间隔喷洒,形成不同浓度细胞飞沫,最小飞沫体积仅 2 纳升,包含大约 5 个细胞。飞沫被喷入有诸多凹孔的培养皿中,翻转培养皿,飞沫形成悬液,在各凹孔内“抱成团”。打印机可精确控制飞沫大小,使干细胞达到分化最佳状态。

研究人员已经用 3D 打印的干细胞制造出骨髓和皮肤。他们认为,最终能借助这种方法制造器官,从而无需器官捐献,解决器官移植中的免疫抑制等问题。

就长期来看,这项技术将进一步发展,实现用患者自己的细胞制造 3D 器官用于医疗移植。干细胞技术将取得巨大进步,把细胞变成你想要的组织或器官,但用 3D 技术打印人体器官可能至少需要 10 年。

2.打印房屋

据国外媒体报道,关于 3D 打印机将成为我们日常生活一部分的实现速度却比任何预言家的预测都要快。3D 打印产业已经进入发展的快车道,英国伦敦 Softkill Design 建筑设计工作室还首次建立了一个 3D 打印房屋概念。

目前,除了英国企业,荷兰企业也加入了 3D 打印房屋的行列。相信未来不久,我们就能体验到“一体化”的房屋了。■

国外先进 3D 打印技术

案例参考

龙 航

第一台可用的 3D 打印机是由 3D 系统公司 (3D Systems Corp) 的 Chuck Hull 于 1984 年制造的。21 世纪以来,这类机器的销量有了大量提升,其价格也在下降。根据商业顾问公司 Wohlers Associates 的调查,2012 年全球 3D 打印市场价值 22 亿美元,相比 2011 年增长了 29%,3D 打印及其相关产业将成为一个巨大的市场。

在国外,3D 打印技术已广泛应用于建筑设计、结构、工业设计、汽车、航空、土木工程、医疗、生物科技(人体组织替换)、眼镜等产业领域的原型零件生产和分布式制造,甚至包括了食品行业。这些 3D 打印应用领域的典型实用案例,可以为我国的 3D 打印产业发展提供灵感和参考。

“打印”出来的赛车

比利时鲁汶工程联合大学的 16 名工科学生组成了一个名为 Group T 的团队,参加了 2012 年大学生方程式挑战赛。他们团队的赛车“亚里安”是世界上第一辆大部分零件使用 3D 打印制造的赛车。这辆以希腊神话中一匹有神的血统的马命名的赛车使用了各种创新和绿色科技,在比赛中不负盛名,在霍根海姆赛道于 4 秒内从 0 加速至 100 公里每小时,并达到了 141 公里每小时的最高速度。赛车使用的尖端科技除了电力传动和生物复合材料外,还有 Materialise 公司的 3D 打印技术。

Materialise 公司拥有一台名叫猛犸的立体激光成型机,可打印制造的零件尺寸达到 2100*680*800mm。

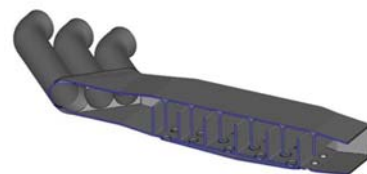
Group T 的成员通过与 Materialise 公司工程师的密切合作,在三个星期内就完成了从外壳设计到打印出整个车身的流程。

这些 3D 打印零件配置了一体式夹扣和接头,方便车体组装以及维修工作。此外,在车身前部的打印零件表面还加入了鲨鱼皮纹理,期望能达到和鲨鱼皮泳衣类似的效果。虽然是否有效仍待商榷,不过视觉效果确实非常出众。

通过 3D 打印,团队成功地按照设计图制造出了两个侧箱中复杂的冷却管道,优化了散热效率,还可以防止水和灰尘进入发动机。

做为首次参赛的队伍,Group T 凭借这这样一辆“3D 赛车”,不仅成

功完成了比赛,还获得了两项大奖,并取得了令人瞩目的名次。



更安全的人体下颚骨

2011年6月,一位83岁的女性在荷兰接受手术,成为3D打印颚骨的第一位受益者。但直到现在,有关这项具有突破性的手术的细节才对外公布。

这个下颚骨采用高精度激光一层层熔合钛粉制成,没有使用胶水或者液体粘合剂。科技人员称这场手术成功地使用3D打印给更多患者定制身体组件铺开了道路。

这场手术基于比利时的哈塞尔特大学生物医院研究中心所进行的研究,植入体则由同样在比利时的专业金属零件制造商LayerWise制造。植入的下颚骨拥有很多优势,包括增加表面积凹陷、提高肌肉附着的空腔以及便于引导下颚神经的封套等。

“我们收到零件的3D数字设计图后先将其分为2D的层面,然后输入打印机。”LayerWise的医学应用工程师Ruben Wauthle说明道。在设计好模型之后,只花了几个小时来

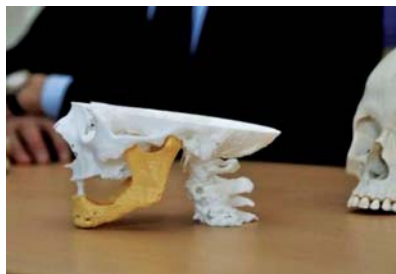
进行打印。完成之后,下颚骨又添加了一层生物陶瓷外壳。将其植入患者面部的手术花了四个小时,而传统的重建手术需要五倍于此的时间。

带领手术团队的哈塞尔特大学教授朱尔斯·伯肯斯表示:“醒来后不久,患者便开口说话,第二天就恢复了正常的语言和吞咽功能。”

团队声明他们期望类似的技术能在未来几年内更加普及。“这一技术的优势在于植入体完美地贴合病人的骨骼,手术时间和住院时间因而得以缩短。这些都减少了医疗花费。”工程师Wauthle说道,“你可以制造使用任何其他技术都无法制造的零件。例如你可以打印多孔钛金属结构,这样骨骼就可以在内部生长,植入体的适应性更好,能使用更长的时间。”

这项研究来自华盛顿州立大学2012年的一个独立项目,在这个项目中,工程师们展示了3D打印制造的陶瓷支架能够用于促进新的骨骼

组织的生长。动物实验表明这项技术可以在二十年内应用于人类。Layerwise认为,这两个项目预示了3D打印技术在医疗领域的巨大应用前景。



战斗机钛制结构组件

近几年来,位于芝加哥的菲利普服务工业子公司Sciaky已经受到航空业和防卫工业领域的关注。Sciaky拥有独家的直接制造(DM)流程,使用电子束焊接技术来一层层地构建零件,已经在很多不同的工业领域进行了应用。使用这种技术制造的零件尺寸最大可达5.8m×1.2m×1.2m。

Sciaky的成本优势得源于其使

用的电子束的能量密度。其电子束焊接系统可通过标准的60/60电子束枪输出高达42千瓦的功率,每小时可以打印15到40磅(7到18千克)的类似金属钛的材料。而大部分竞争对手的工艺低于每小时5磅(2.3千克)。

在2011年12月,Sciaky与航空领域的全球防卫巨头洛克希德·马丁

参与了美国国防部Mentor-Protege协议,来改进Sciaky的电子束直接制造(EBDM)技术。根据这个协议,洛克希德·马丁航空会帮助Sciaky扩大产量和管理人员,以得到一个价格合理,质量可靠的钛金属材料处理技术,满足未来国防需求。这个协议的首要重点在于制造洛克希德F-35联合直接攻击机——美国现在最重

要的防卫项目——的钛制结构组件。

“这确实改变了行业规则,”洛克希德·马丁航空公司副总裁,负责 F-35 项目整合与商业发展的 Stephen O'Bryan 这样评论 Sciaky 的技术。洛马急于将这种技术应用于制造 F-35 的钛制组件。他们已经发现使用这种技术有可能在不牺牲质量的情况下大幅降低生产成本。

例如,如果使用 EBDM 工艺来制造 F-35 机翼上的副襟翼梁,那么与使用传统工艺相比在整个飞机的使用寿命内能节省大约一亿美元。根据 O'Bryan 的说法,如果洛马使用这种工艺生产其他超过 3000 架战斗机所需的钛制组件,那就能省下几亿美元。

对于 Sciaky 而言,航空业也许只是个开始。Sciaky 已经将 30 种其他产业来做为其材料增长制造技术未来的商业化目标。

在 2012 年 2 月,Sciaky 与宾夕法尼亚州立大学应用研究实验室合作改进了 DDM 工艺,宾州大学应用研究实验室内将设立一个 6000 平方英尺(560 平方米)的直接数学增长创新金属加工中心,作为 DARPA 的开源生产项目下的世界级生产工艺展示中心。



火箭引擎喷嘴

据 NASA 公布,8 月 22 日是太空总署减少航天零件制造成本的进展中的“一个里程碑”。他们在引擎启动期间测试了一个零件:一个输送推进剂的喷嘴。测试中,液氧和氢气通过这个零件进入燃烧室,产生了比以前所有 3D 打印喷嘴强 10 倍的推力——达到 20000 磅(大约 9 吨)。

太空部署公布的测试初步数据显示喷嘴在 1400 磅每平方英寸(大约 984300 千克每平方米)的压力和大约 6000 华氏度(约 3316 摄氏度)的温度下仍能“完美地工作”。

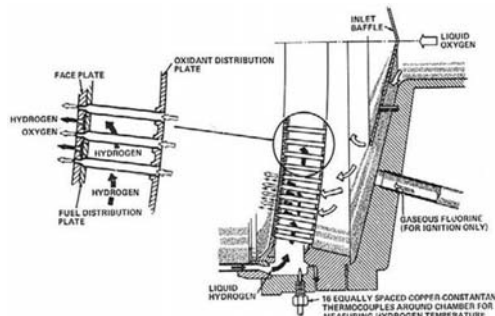
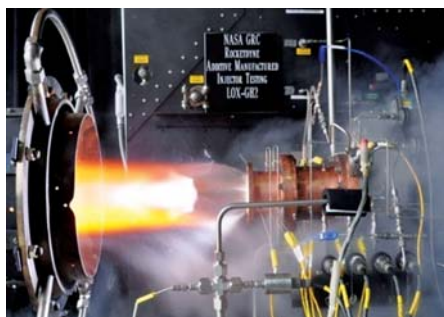
“这次 3D 打印喷嘴的成功测试使得 NASA 离证明这种创新科技可以用于降低航空器硬件成本又近了一大步,”NASA Marshall 太空飞行中心的工程理事会主任 Chris Singer 说道。

NASA 称其使用了一种称为选择性激光熔化的方法,以镍铬粉末为原料构建分层,实现输送与混合推进剂。这个零件的大小与小型火箭引擎所使用的喷嘴类似,但其设计却与 RS-25 这样的大型火箭所使用的喷嘴类似。根据太空总署声称,这个喷嘴只由两个零件组成,而之前测试



的类似的喷嘴有 115 个零件。更少的零件意味着装配更简单,也就意味着由 3D 打印制造的复杂零件有可能大幅降低成本。

现在,NASA 正和私人公司合作来和测试 3D 打印机,来为国际空间站的宇航员们制造工具。NASA 甚至在探索使用 3D 打印来为长期空间任务制造食物的可行性。



蛛网吉他

Diegel 是新西兰奥克兰市梅西大学工程与先进技术学院的机电学教授,他设计用 3D 打印制造一把吉他。他使用一台 EOS Formiga P100 激光烧结系统打印设备,打印原料则选用了聚酰胺 2200 或者阳极氧化铝,目前已成功制造出了两个原型。

这两个 3D 打印吉他的外观类似,都有看上去有点酷的蜘蛛图样在蛛网状的格子面板上。吉他的主体更像是一台斯坦伯格 P 系统的无头吉他,但是因为受到打印机的限制,被整体缩小了。Diegel 告诉我们,他还有其他设计,将在一台更大的打印机上制造出来,例如一把 Les Paul 型的原子吉他。

“科技让设计如此富有魅力的原因就是,我们可以把吉他表面的所有昆虫艺术设计和复杂的结构细节打印为一体,” Diegel 说道,“不再需要组装!”



设计师认为这些由 3D 打印塑料制造的乐器其音色不如主体为木制的吉他,但量产型应该能解决这个问题。他解释说,目前展示的两部吉他模型“核心是用固态尼龙内部填充铝制做的,但最终设计版本将采用木质材料,这样就能更好地控制吉他的共鸣和音色,就可以在声音上达到更高的水准,而不仅仅是吉他的外观漂亮。”量产型会使用一个数控加工的木质内核,再覆盖以 3D 打印的开放式壳体。壳体设计为一个完全将木质核心包裹的套壳,再加上镂空设计的外观,木料本色能从设计好的空隙中显现出来。

未来,Diegel 计划将他的每一把量产型吉他都单独为顾客定制,有些定制也可能会使用到 3D 打印制造的配件(琴颈,拾音器,琴桥),顾客也可以随心所欲地用姓名或者个性图案替换琴身上的 ODD 商标。



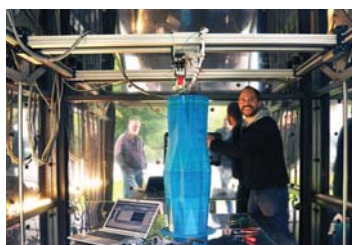
3D 打印房屋

荷兰 DUS 建筑公司宣布将在阿姆斯特丹打印一整座房屋,将 3D 打印技术推向新的高度。设计团队会使用一台叫做 KamerMaker 的巨型打印机在选址处打印出一座运河屋。DUS 计划在 2013 年底打印出房子的正面和第一个房间。

KamerMaker,也即造屋者之意,是 DUS 定制的一个 11 英尺半(3.5 米)高的 3D 打印机。DUS 计划在用这台巨型打印机打印运河住宅之前,先在一个 1 比 12 的模型上测试设计方案。



DUS 选择了一阿姆斯特丹北部 Buiksloter 运河旁为运河屋的地址。完成后这个运河屋会被用作建立 3D 打印建筑研究中心,作为一个科普地点,向进入其中的来访者展示不同种类的 3D 打印机。一些房间会展示特殊的有机打印材料,比如土豆淀粉。另外一个房间会由切碎的塑料瓶做成,用于展示使用回收材料进行 3D 打印。



3D 打印的运河屋外表面会涂成绿色,DUS 同时也计划在有些房间内涂上生物塑料。即使 DUS 建筑公司的运河屋因为工期延误没有成为世界上首个 3D 打印建筑(它正在与 Softkill 设计与全球建筑公司竞争),这个创新项目也会成为 3D 打印建筑相关的一个重要里程碑。

全球第一款 3D 打印足球鞋

3D 打印正在帮助制鞋商提升设计和产品表现。

2013 年三月,美国运动品牌 New Balance 介绍了一款专用于赛道的跑鞋,使用了 3D 打印来定制鞋底板以强化每一次中踏步的表现;自 1997 年以来锐步一直使用 3D 打印来制造原型运动鞋。为了压缩设计时间,彪马已经不再将原型鞋制造外包,而是在公司内使用一台 Objet 的 3D 打印机来制造,而其乐已经这样做了十年了。

但制鞋业使用 3D 打印到底有什么优势?财经时代报道称耐克和阿迪达斯正在使用 3D 打印来加速产品制造流程,“使用这项技术能够以令人难以置信的速度制造多个原型版本。”

二月份耐克在 2013 年 NFL 上介绍了下一代橄榄球鞋的创新:新的耐克 Vapor Laser Talon,第一双使用了 3D 打印技术的橄榄球鞋。

“在 6 个月内我们就能制造 12 双经过完整测试的原型鞋复制品,最终我们将能产品带来戏剧性的大幅提升,”耐克的俄勒冈总部创意总监 Shane Kohatsu 这样说道,“通过传统的注模技术,耐克一般要花上‘几年’的时间才

能更新诸如铆钉这样的复杂零件。”在阿迪达斯,之前有 12 位技术人员手工制作原型鞋。在引入 3D 打印技术后只需要两名技术人员就能完成这项工作。另外,3D 打印将评估一个新原型鞋的时间从四到六周降低到了一至两天。

更多的制鞋商正在开拓 3D 打印的前沿。比利时的鞋零售商 Runners Service Lab 收到了佛兰德斯创意机构 IWT 的一笔 152,000 欧元的资助,来研究使用 3D 打印为客户定制跑鞋的可行性。

不过 3D 打印制造的鞋尚不能走进大众市场,主要的限制在于 3D 打印迟缓的速度:像 Stratasys 的机器这样的 3D 打印机需要两个小时才能制造一只鞋。■



2013 年度杭州科技进步监测分析

沈悦林 杭州市科技信息研究院

浙江省统计局、科技厅对 2012 年科技进步统计监测评价报告显示,全省设区市综合评价位次排列依次是:杭州市、宁波市、丽水市、湖州市、温州市、嘉兴市、金华市、绍兴市、衢州市、舟山市和台州市。杭州市继续在全省保持领先地位。

本年度监测评价指标作了较大调整,增设形成了三级指标体系。调整减少了部分指标,如科技活动人员、科技经费投入、预算内教育经费、企业技术开发费支出等;增加了较多新指标,如科研仪器设备、企业研发机构、高新技术企业、争取国家和省科技项目经费、制修订国家标准、品牌创建水平、战略性新兴产业、高新技术产品出口、高技术服务业、高新园区(开发区)、特色产业基地、环境质量、企业研发经费加计扣除等。最后依据 5 个一级指标、14 个二级指标及 32 个三级指标进行了监测评价。

根据监测数据分析,2012 年杭州市科技进步的情况、特点及启示简述如下:

1. 杭州变化情况综合评价居全省首位,1/3 指标名列前矛

2012 年,杭州市变化情况综合评价以 452.75 分居全省首位。

5 个一级指标中科技产出、转型升级和创新环境综合评价列首位,科技投入和技术创新居第 3 位。

14 个二级指标中创新绩效、结构优化、园区基地、节能减排和创新氛围 5 个指标综合评价居首位,基础设施列第 2 位,资金投入和科技成果列第 3 位,成果转化和政策落实列第 4 位,创新基础列第 5 位,人才资源、研发条件和创新活动 3 个指标列第 7 位。

32 个三级指标每个指标有绝对值与比重或人均 2 个数据。杭州市有 12 指标的比重或人均数据居全省首位,约占三级指标的 1/3。有 5 个指标居全省第 5 位及以后,约占三级指标的 1/6。

表 1 2012 年度浙江省设区市科技统计监测综合评价结果

地区	变化情况综合评价		科技投入综合评价		技术创新综合评价		科技产出综合评价		转型升级综合评价		创新环境综合评价	
	得分	位次	得分	位次	得分	位次	得分	位次	得分	位次	得分	位次
杭州市	452.75	1	85.61	3	103.19	3	69.95	1	130.67	1	63.33	1
宁波市	430.66	2	92.20	2	103.29	2	66.15	5	111.53	2	57.49	3
温州市	385.11	5	78.81	7	99.56	4	58.31	11	96.04	7	52.39	7
嘉兴市	379.45	6	75.83	10	84.68	8	64.94	6	95.94	8	58.06	2
湖州市	402.40	4	84.68	4	93.34	6	67.11	4	101.80	5	55.47	6
绍兴市	372.43	8	78.99	6	81.79	9	62.54	8	99.07	6	50.04	8
金华市	377.34	7	79.37	5	88.87	7	58.62	10	93.99	10	56.49	5
衢州市	370.34	9	76.90	9	99.04	5	68.13	2	80.50	11	45.77	10
舟山市	368.39	10	69.05	11	75.06	11	67.95	3	109.70	3	46.63	9
台州市	367.23	11	78.78	8	77.16	10	64.12	7	104.22	4	42.95	11
丽水市	411.82	3	93.13	1	105.21	1	61.84	9	94.33	9	57.31	4

2. 企业研发机构、人员及经费在省内居中上水平,但发展缓慢

2012年,杭州市企业研发机构设置率18.56%,居全省第3位,比第1位宁波27.83%低很多。企业研发机构平均拥有科技活动人员数和企业R&D活动人员占企业从业人员比重居全省首位,但发展速度不快,分居全省第3位和第11位。有R&D活动企业占企业总数比重20.91%,仅居全省第7位。企业R&D经费支出相当于主营业务比重1.15%,居全省第2位,增幅居第8位。企业研发经费加计扣除额增长率17.14%,居全省第5位。

3. 高新技术产业发展扎实推进,但企业税收优惠呈下降趋势

2012年,杭州市高新技术产业增加值占工业增加值的比重达31.16%,比上年提高3.57个百分点,提高幅度居第2位。高新技术产品出口总额占出口总额比重11.46%,居全省第1位,但由于全球经济不景气,与上年比出现负增长。限额以上高技术服务业营业收入占限额以上服务业的比重由上年的41.38%提高到44.45%,提高幅度居第2位。

高新技术企业所得税优惠额只有2011年的74.9%;高新园区(开发区)单位建设用地产出强度为47.18亿元/平方公里,居全省第4位,值得重视。

4. 科技投入继续保持较高比重,但增幅不大应引起关注

2012年,杭州市本级财政科技拨款12.90亿元,虽继续居全省首位,但比上年仅增长1.18%,增幅居第10位。本级财政科技拨款占本级财政经常性支出的比重6.95%,居全省第3位,增幅0.28%,居第7位。研究与试验发展经费支出相当于GDP的比重2.92%,居全省首位,但增幅6.00%,居第11位。

5. 知识产权工作一直来较先进,但发展不快应继续重视

2012年,杭州市专利授权指数、发明专利授权量虽继续居全省首位,但万人专利授权指数提高幅度比各市平均低9.3个百分点,居第10位。万人发明专利授权量达6.30项,居全省第1位,但增幅21.82%,居第7位。品牌创建水平由3.94提高到4.67,提高幅度18.65%,列首位。每千个国家标准中为主或参与制修订指数居全省首位,增幅虽达23.86%,但居全省第10位。

6. 农业劳动生产率、工业新产品产值率稳步提高

2012年,杭州市农业增加值增长8.07%,增幅比各市平均高1.4个百分点,居全省第3位;农业劳动生产率达38082元/人,提高幅度比各市平均高3.0个百分点。工业新产品产值率25.22%,居全省第3位,增幅13.51%,居第5位。■

表2 2012年度浙江省设区市科技统计监测评价二级指标排序情况

地 区	人才 资源	资金 投入	研发 条件	创新 基础	创新 活动	创新 绩效	科技 成果	成果 转化	结构 优化	园区 基地	节能 减排	创新 氛围	基础 设施	政策 落实
杭州市	7	3	7	5	7	1	3	4	1	1	1	1	2	4
宁波市	2	2	2	1	1	5	4	6	3	2	6	2	5	6
温州市	5	9	3	2	5	3	9	7	10	7	4	9	4	7
嘉兴市	10	5	6	9	8	8	7	2	6	5	10	3	7	2
湖州市	3	4	10	6	3	6	6	1	8	4	5	8	11	1
绍兴市	8	8	4	11	9	9	11	3	7	3	8	6	3	10
金华市	6	6	11	8	6	7	8	8	9	8	7	7	1	5
衢州市	4	10	9	3	4	4	2	10	11	10	11	10	10	9
舟山市	11	11	1	10	10	11	1	11	2	6	3	5	8	11
台州市	9	7	5	7	11	10	5	9	5	9	2	11	9	8
丽水市	1	1	8	4	2	2	10	5	4	11	9	4	6	3

表3 杭州市2012年度科技进步统计监测综合表

类别	指标	统计值	统计值位次	增幅(%)	增幅位次	变化情况综合位次
R&D 活动人员情况	R&D 活动人员数(万人)	7.83	1	5.65	9	7
	万人口 R&D 活动人员(人)	89.25	1	5.07	9	
研究试验发展经费支出情况	研究试验发展经费支出(亿元)	228.00	1	17.83	10	6
	研究试验发展经费支出相当于 GDP 的比重(%)	2.92	1	6.00	11	
本级财政科技拨款情况	本级财政科技拨款(亿元)	12.90	1	1.18	10	5
	本级财政科技拨款占本级财政经常性支出的比重(%)	6.95	3	0.28	7	
财政性教育经费支出情况	财政性教育经费支出(亿元)	166.95	1	6.21	8	1
	人均财政性教育经费支出(元)	2667.27	1	5.94	8	
科研机构仪器设备情况	科研机构仪器设备原值(亿元)	108.66	1	-4.53	11	7
	人均科研机构仪器设备原值(万元)	7.21	6	-25.66	11	
企业研发机构设置情况	设置研发机构企业数(家)	1091	2	-2.85	10	7
	企业研发机构设置率(%)	18.56	3	-2.67	8	
企业研发机构科技活动人员情况	企业研发机构拥有科技活动人员数(人)	58518	2	4.33	9	1
	企业研发机构平均拥有科技活动人员数(人)	48.89	1	6.86	3	
企业 R&D 活动人员情况	企业 R&D 活动人员数(人)	61203	2	12.33	10	7
	企业 R&D 人员占企业从业人员比重(%)	5.02	1	12.23	11	
开展 R&D 活动企业情况	开展 R&D 活动企业数(家)	1229	2	2.59	11	10
	有 R&D 活动企业占企业总数比重(%)	20.91	7	2.78	8	
企业 R&D 经费支出情况	企业 R&D 经费支出(亿元)	143.47	1	19.69	9	5
	企业 R&D 经费支出相当于主营业务比重(%)	1.15	2	15.19	8	
工业新产品情况	工业新产品产值(亿元)	3188.58	1	16.17	5	3
	工业新产品产值率(%)	25.22	3	13.51	5	
高新技术企业情况	高新技术企业数(家)	905	1	5.60	7	2
	高新技术企业占工业企业比重(%)	15.40	1	5.80	4	
县级以上创新型企业情况	县级以上创新型企业数(家)	1227	1	74.79	4	1
	县级以上创新型企业数相当于规上工业企业比重(%)	20.88	2	75.11	3	
争取国家和省科技项目经费情况	争取国家和省科技项目经费数(万元)	261574	1	19.21	4	1
	科技活动人员人均争取国家和省科技项目经费数(千元/人)	13.87	1	-2.48	4	
专利授权情况	专利授权指数	110785	1	31.26	10	6
	万人口专利授权指数	126.32	2	30.53	10	
发明专利授权情况	发明专利授权量(项)	5526	1	22.50	7	3
	万人口发明专利授权量(项)	6.30	1	21.82	7	
制修订国家标准情况	每千个国家标准中为主或参与制修订指数	171.08	1	23.86	10	5

类别	指标	统计值	统计值 位次	增幅 (%)	增幅 位次	变化情况 综合位次
品牌创建水平 情况	品牌创建水平	4.67	5	18.65	1	1
农业劳动生产 率情况	农业增加值(亿元)	255.11	2	8.07	3	2
	农业劳动生产率(元/人)	38082	5	11.94	4	
战略性新兴产业 情况	战略性新兴产业增加值(亿元)	625.19	1	—	—	1
	战略性新兴产业增加值占 GDP 比重(%)	8.01	4	—	—	
高新技术产业 增加值情况	高新技术产业增加值(亿元)	757.34	1	15.85	4	1
	高新技术产业增加值占工业增加值比重(%)	31.16	2	12.92	2	
高新技术产品 出口情况	高新技术产品出口总额(亿美元)	47.28	2	-5.48	7	3
	高新技术产品出口总额占出口总额比重(%)	11.46	1	-4.88	6	
限上高技术服 务业情况	限上高技术服务业营业收入(亿元)	1342.42	1	25.89	1	1
	限上高技术服务业营业收入占限上服务业营业收入比 重(%)	44.45	1	7.41	2	
高新园区(开发 区)产出情况	高新园区(开发区)营业总收入(亿元)	2928.57	1	—	—	2
	高新园区(开发区)单位建设用地产出强度(亿元/平方 公里)	47.18	4	—	—	
高新园区(开发 区)高新技术产 业情况	高新园区(开发区)高新技术产业产值(亿元)	1066.57	1	—	—	1
	高新园区(开发区)高新技术产业产值占园区工业总产 值比重(%)	54.31	3	—	—	
高新技术特色 产业基地情况	基地高新技术产品产值(亿元)	557.03	4	10.83	6	2
	基地高新技术产品产值占基地总产值比重(%)	64.45	4	3.00	5	
节能减排情况	单位 GDP 能耗下降率(%)	6.8	1	—	—	—
	主要污染物排放削减率(%)	5.29	3	—	—	
环境质量情况	环境质量综合评分	5.51	4	1.47	7	9
生产总值情况	生产总值(亿元)	7802.01	1	11.15	2	1
	人均生产总值(元)	88962	1	10.54	2	
财政科普活动 经费拨款情况	财政科普经费拨款(千元)	32500	1	11.28	6	2
	人均科普活动经费(元)	4.66	1	10.38	6	
信息化应用水 平情况	信息化应用水平(%)	93.17	2	10.72	5	2
企业研发经费 加计扣除情况	企业研发经费加计扣除增长率(%)	17.14	5	—	—	—

2013 年度杭州各区、县(市)科技进步监测分析

沈悦林 杭州市科技信息研究院

浙江省 2012 年度区、县(市)科技进步统计监测结果已于近日揭晓。滨江区摘得头冠,变化情况综合评价居全省首位,杭州有 5 个区进入前 10 位。

本年度监测评价指标作了较大调整,增设形成了三级指标体系。调整减少了部分指标,增加了较多新指标,如科研仪器设备、企业研发机构、高新技术企业、争取国家和省科技项目经费、制修订国家标准、战略性新兴产业、高新技术产品出口、高技术服务业、环境质量、企业研发经费加计扣除等。最后依据 5 个一级指标、13 个二级指标及 27 个三级监测指标,进行了监测评价。

根据监测数据分析,2012 年杭州市各区、县(市)科技进步的情况与特点简述如下:

1. 杭州有 5 个区变化情况综合评价进入全省前 10 位,滨江区列首位

全省 2012 年度变化情况较好的前 10 个县(市、区)分别为:滨江区、鄞州区、萧山区、余姚市、余杭区、西湖区、下城区、奉化市、镇海区、慈溪市。杭州有 5 个区进入前 10 位;居第 11-20 的有江干区(第 12 位)和临安市(第 19 位);居 21-50 位的为拱墅区、淳安县、富阳市和上城区;居 51 位以后的有 2 个县市。

2. 杭州一级指标进入全省前 10 的约占总数的 2/5,转型升级成效尤为突出

科技进步统计监测有“科技投入、技术创新、科技产出、转型升级、创新环境”5 个一级指标。杭州一级指标进入全省变化情况前 10 位的是:“转型升级”滨江区(第 1 位)、余杭区(第 2 位)、建德市(第 4 位)、拱墅区(第 6 位)、萧山区(第 7 位)、富阳市(第 8 位),10 席中占 6 席,成效尤为突出;其次是“创新环境”,滨江区(第 1 位)、余杭区(第 2 位)、江干区(第 6 位)、萧山区(第 7 位)、临安市

(第 8 位),10 席中占 5 席;“科技产出”江干区(第 2 位)、西湖区(第 3 位)、下城区(第 9 位)、滨江区(第 10 位),10 席中占 4 席;“技术创新”滨江区(第 1 位)、萧山区(第 4 位);“科技投入”滨江区(第 5 位)、下城区(第 7 位)。

杭州一级指标进入全省前 10 位的共有 19 项次,约占总数的 2/5。进入全省前 20 的共有 30 项次,约占总数的 1/3。

3. 杭州二级指标中创新绩效、结构优化和创新氛围成绩显著

从二级指标排序看,杭州市、县(市)2012 年科技进步突出的方面(即有很多区县进入前 20 位)是:“创新绩效”较好的是滨江区、萧山区、下城区、江干区、临安市分居全省 1-5 位,富阳市、西湖区、上城区第 10、13、14 位;“结构优化”较好的是滨江区、余杭区第 1、2 位,萧山区、拱墅区第 5、6 位,建德市、富阳市、临安市第 14、17、19 位;“创新氛围”较好的是滨江区第 1 位,萧山区第 3 位,江干区、余杭区、淳安县、西湖区第 6-9 位,下城区、上城区第 19-20 位;“节能减排”建德市、富阳市、滨江区、西湖区分居第 2、7、9、10 位,拱墅区、江干区、下城区、上城区居 11-14 位,临安居 17 位。

较好的方面(即有较多区县进入前 20 位)有:“资金投入”较好的是滨江区第 2 位,下城区第 7 位,余杭区第 8 位,萧山区第 11 位,淳安县第 13 位;“科技成果”较好的是西湖区、江干区第 2、3 位,拱墅区、下城区第 8、9 位,萧山区、滨江区分居第 18、19 位;“成果转化”较好的是临安市第 3 位,滨江区、建德市第 9、10 位,江干区第 17 位;

相对不足的方面(即进入前 20 位的区县较少)是:“政策落实”仅临安市第 9 位,余杭区第 14 位;“创新基

础”仅滨江区第2位,萧山区第7位;“基础设施”仅萧山区第3位,余杭区第14位;“人才资源”仅下城区第7位;“创新活动”仅滨江区第6位;“研发条件”没有进入前20位的区县,说明科研机构仪器设备新投入不足。

4.各区、县(市)科技进步特点的评价与分析

(1) 5个综合评价进入全省前10位的区的优势与不足

滨江区:科技进步变化情况综合评价居全省首位,技术创新、转型升级和创新环境3个一级指标亦居全省首位,二级指标中创新绩效、结构优化和创新氛围居全省首位,表示在全省科技创新中的引领作用较强,同时通过创新驱动促进经济结构优化和转型升级取得明显实效。该区万人拥有科技人员数有1387.82人,研究试验发展经费占GDP比重达14.83%,本级财政科技拨款占本级财政经常性支出比重达14.76%,均在全省遥遥领先,是科技进步快的重要因素。但人均科研机构仪器设备原值、科技活动人员人均争取国家和省科技项目经费数等排在全省50位以后,有待改进。

萧山区:综合科技实力多年居全省首位,2012年变

化情况居全省第3位。一级指标中技术创新、转型升级和创新环境3个进入全省前10位,二级指标中创新绩效、结构优化、创新氛围、创新基础和基础设施5个进入全省前10位,表示实力雄厚、基础和环境较好,同时科技促进经济发展成效显著。但是,企业研发机构设置率、企业R&D人员占企业从业人员比重、有R&D企业数占企业总数比重、企业R&D经费支出相当于主营业务收入比重等均排在全省50位以后,值得研究与改进。

余杭区:科技进步变化情况综合评价居全省第5位,转型升级和创新环境2个一级指标居全省第2位,二级指标中结构优化、资金投入、创新氛围3个进入全省前10位,表示创新环境较好,科技促进经济转型和发展成效显著。但人均科研机构仪器设备原值、有R&D企业数占企业总数比重、县级以上创新型企业数相当于规上工业企业比重、科技活动人员人均争取国家和省科技项目经费数等均排在全省50位以后,值得加以重视。

西湖区:科技进步变化情况综合评价居全省第6位,一级指标科技产出居全省第3位,转型升级和创新环境居全省第12、13位,二级指标中创新氛围和节能减排进

表1 杭州市各区、县(市)2012年科技进步统计监测综合评价表

地 区	科技投入 综合评价位次	技术创新 综合评价位次	科技产出 综合评价位次	转型升级 综合评价位次	创新环境 综合评价位次	变化情况 综合评价位次
上城区	84	38	33	37	18	41
下城区	7	44	9	14	51	7
江干区	66	40	2	18	6	12
拱墅区	77	80	14	6	41	27
西湖区	37	24	3	12	13	6
滨江区	5	1	10	1	1	1
萧山区	21	4	13	7	7	3
余杭区	14	28	45	2	2	5
桐庐县	89	77	55	20	26	64
淳安县	15	31	68	60	35	36
建德市	85	63	67	4	81	56
富阳市	73	50	75	8	28	37
临安市	67	30	23	13	8	19

入全省前 10 位,创新绩效居第 13 位。该区既是风景区又是文教区,环境美,高校多,成果产出多,绩效也好,万人专利指数与万人发明专利授权量居全省第 2 位。但战略性新兴产业占 GDP 比重居全省第 71 位,值得关注和研究。

下城区:科技进步变化情况综合评价居全省第 7 位,一级指标中科技投入和科技产出进入全省前 10 位,二级指标中创新绩效、人才资源和资金投入进入全省前 10 位,节能减排和创新氛围进入全省前 20 位,表示重视科技投入换来较好的产出,创新绩效比较明显。但二级指标创新基础和创新活动、三级指标战略性新兴产业占 GDP 比重列全省 80 位以后,应引起重视。此外,企业研发费加计扣除率 2012 年出现负增长,居全省第 76 位,也应认真对待。

(2) 其他区、县(市)具有优势的方面(即排位前 20 位的指标)

上城区:一级指标中创新环境居全省第 18 位;二级指标中创新绩效、节能减排、创新氛围分居全省第 14、14、20 位。

江干区:一级指标中科技产出居全省第 2 位,创新环境居全省第 6 位,转型升级居全省第 18 位;二级指标中创新绩效、创新氛围、节能减排、成果转化分居全省第 4、6、12、17 位。

拱墅区:一级指标中转型升级、科技产出分居全省第 6、14 位;二级指标中结构优化、节能减排分居全省第 6、11 位。

富阳市:一级指标中转型升级居全省第 8 位;二级指标中节能减排、创新绩效、结构优化分居全省第 7、10、17 位。

临安市:一级指标中创新环境居全省第 8 位,转型升级居全省第 13 位;二级指标中成果转化、创新绩效、节能减排、结构优化分居全省第 3、5、17、19 位。

建德市:一级指标中转型升级居全省第 4 位;二级指标中节能减排、成果转化、结构优化分居全省第 2、10、14 位。

桐庐县:一级指标中转型升级居全省第 20 位。

淳安县:一级指标中科技投入居全省第 15 位;二级指标中创新氛围、资金投入分居全省第 8、13 位。■

表 2 2012 年度浙江省设区市科技统计监测评价二级指标排序情况

地 区	人才 资源	资金 投入	研发 条件	创新 基础	创新 活动	创新 绩效	科技 成果	成果 转化	结构 优化	节能 减排	创新 氛围	基础 设施	政策 落实
上城区	80	88	24	44	70	14	45	45	75	14	20	45	25
下城区	7	7	37	84	82	3	9	44	26	13	19	44	64
江干区	72	40	70	64	80	4	3	17	36	12	6	43	26
拱墅区	70	69	72	77	86	49	8	52	6	11	40	42	46
西湖区	49	35	27	60	43	13	2	48	23	10	9	41	32
滨江区	18	2	62	2	6	1	19	9	1	9	1	40	29
萧山区	51	11	41	7	54	2	18	50	5	21	3	3	57
余杭区	37	8	61	37	42	23	42	53	2	23	7	14	14
桐庐县	84	87	68	62	84	56	70	43	21	24	24	53	34
淳安县	25	13	59	52	40	22	77	42	60	60	8	89	47
建德市	62	86	69	75	68	34	76	10	14	2	59	54	76
富阳市	75	64	49	83	67	10	68	61	17	7	33	27	37
临安市	76	58	35	51	72	5	38	3	19	17	22	62	9