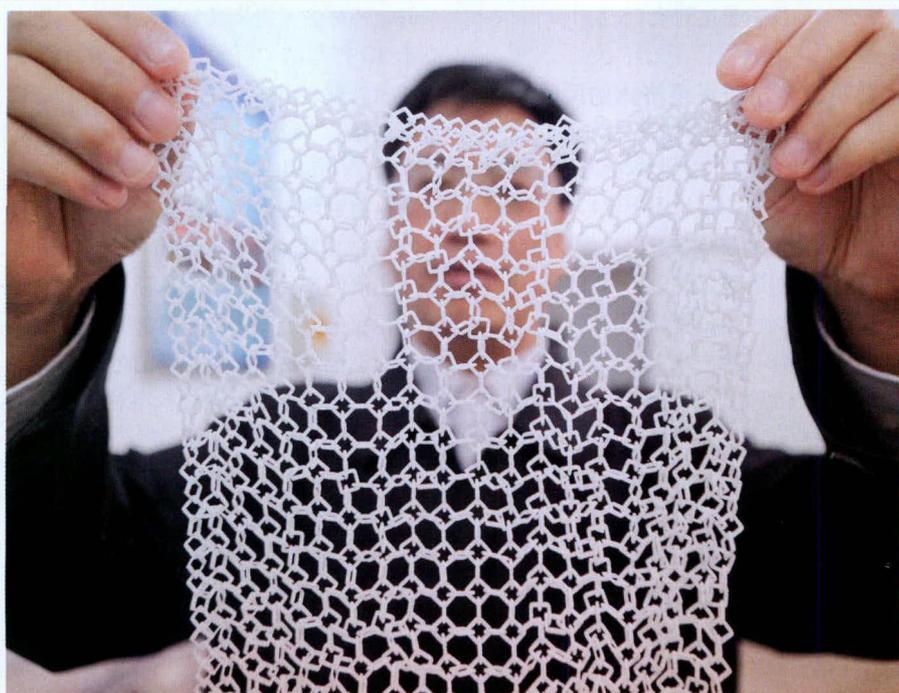


3D 打印的中国进程

在 3D 打印领域，中国的某些技术已经领先全球，但商业化滞后、规模仍然小，也没有形成产业链，企业大都在单打独斗。如果这一局面有所改变，那么 3D 打印很有可能成为中国制造业大升级的绝佳机会



华中科技大学的史玉升教授拿着自己团队研制的 3D 打印产品。图 / 受访者提供

本刊记者 / 杨正莲 (发自北京、武汉)

2012 年 10 月中旬，中国工程院启动调查，论证 3D 打印技术的“终极前景”。这项调查由中国工程院和行业专家共同参与，或将延续至 2013 年 3 月份，并在稍晚时候向国务院提交报告。

彼时，3D 打印技术是否会引发第三次工业革命，已经成为各界焦点。多位参与研讨的专家告诉《中国新闻周刊》，他们被要求“科学、理性而客观地看待这个技术”。目前初步达成的共识是，这种新的加工模式能够解决制造业中的很多问题，至于是否能够承担第三次工业革命这么重大的使命，还需拭目以待。

“传统技术我们很难赶上美国，在这个新的技术领域，我们已经和他们站在同一条起跑线上。”西北工业大学凝固技术国家重点实验室主任黄卫东在接受《中国新闻周刊》采访时表示：“现在国家投入要是比美国大，再过 5 年，我们完全有信心赶上他们的前面。”

中国对 3D 打印的研发，已经有了长达 20 多年的探索和积累。业内认为，中国在科研方面已经颇具实力，但是在商业化和产业化方面仍不成熟。

艰难起步

1994 年，西安交通大学教授卢秉恒从学校争取到了 3 万元启动资金，另将自己此前做课题结余下来的 20 多万元投了进去，仍然不够造一台光固化成型样机

3D 打印技术在中国兴起于上个世纪八九十年代，那时美国、日本虽然提出这个概念已近十年，但是真正成规模的研发

才刚刚起步。

“3D 打印”是通俗叫法，学术名称为快速成形技术。与传统制造业的去除材料加工技术不同，3D 打印遵从的是加法原则，可以直接将计算机中的设计转化为模型，甚至直接制造零件或模具，不再需要传统的刀具、夹具和机床。

1986 年，美国诞生了世界上第一家生产 3D 打印设备的公司 3D Systems。这时，一批正在美国游学访问的中国学者率先被吸引了，回国后立刻启动相关研发。这其中，清华大学教授颜永年是其中之一，后来被认为是中国快速成形技术的先驱人物之一。

1988 年，正在美国加州大学洛杉矶分校做访问学者的颜永年，偶然得到了一张工业展览宣传单，其中介绍了快速成型技术。10 月底回国后，颜永年就转攻这一领域，并多次邀请美国学者来华讲学，并建立了清华大学激光快速成形中心。

最初的起步并不容易。颜永年希望从美国引进设备进行研究，但是设备太贵，不得已辗转找到香港殷发公司寻求合作，后者是美国 3D Systems 的代理商。双方达成协议，由清华大学提供场地、人员等，香港殷发公司提供设备，成立北京殷发快速成型模具技术有限公司。这是国内第一家 3D 打印公司，由颜永年担任董事长，并于 1994 年 7 月通过鉴定被评为“填补国内空白”。

西安交通大学教授卢秉恒，被视为国内 3D 打印业的另一先驱人物。他 1992 年赴美做高级访问学者，发现了快速成形技术在汽车制造业中的应用，回国后随即转向研究这一领域，1994 年成立先进制造技术研究所。卢秉恒的起步，也和颜永年一样，备受资金困扰。他从学校争取到了 3 万元启动资金，另将自己此前做课题结余下来的 20 多万元也投了进去，仍然不够造一台光固化成型样机。卢秉恒跑到河南、深圳找企业投资均未成功，无奈只得从软件开发起步，进而试制紫外激光器、材料开发，最终东拼西凑出一台具有基本功能的样机。

1995 年 9 月 18 日，卢秉恒的样机在国家科委论证会上获得很高的评价，并争取到“九五”国家重点科技攻关项目 250 万元的资助。1997 年，卢秉恒团队卖出了国内第一台光固化快速成型机。

同一时期的华中科技大学（当时的华中理工大学），虽然从湖北省科学技术委员会得到了一笔经费，但也同样因为成本原因，而被迫从另外一种工艺起步。1991 年，在时任校长、已故著名机械制造专家黄树槐的主持下，华中科技大学成立快速制造中心，研发基于纸材料的快速成型设备。

华中科技大学的起步，也是缘于王运赣教授 1990 年在美国参观访问中，接触到了刚问世不久的快速成型机。最初，王运赣他们也想从最早出现的基于光敏树脂原

料的光固化立体成型技术做起。然而，液态光敏树脂材料价格太高，国内没有卖的，进口价格是 2000 元人民币 1 公斤，做实验一次起码要 30 公斤，相应的快速成型设备也很贵，仅仅是机器上的一个激光器都要 3 万美元。

于是，华中科技大学的快速制造中心，转攻一种以纸为原料的分层实体制造技术 (LOM)。1994 年，快速制造中心研制出国内第一台基于薄材纸的 LOM 样机，1995 年参加北京机床博览会时引起轰动。LOM 技术制作冲模，其成本约比传统方法节约 1/2，生产周期也大大缩短。

这时期，蹒跚起步的光固化技术和分层实体制造技术等，更多用于打印产品模型和铸造用蜡模等有限领域，尚无法直接做出功能零件。

直接制造

那时，国外多以尼龙粉末作为激光烧结材料，每公斤售价高达上千元。最终，一种价格仅为尼龙材料几分之一之聚苯乙烯粒料成为可能的替代材料

1995 年，西北工业大学教授黄卫东，产生了一个关于快速成型技术的新构思：把 3D 打印技术和同步送粉激光熔覆相结合，形成一种新技术，用于直接制造可以承载高强度力学载荷的致密金属零件。

当时，有学生在做激光熔覆，就是在

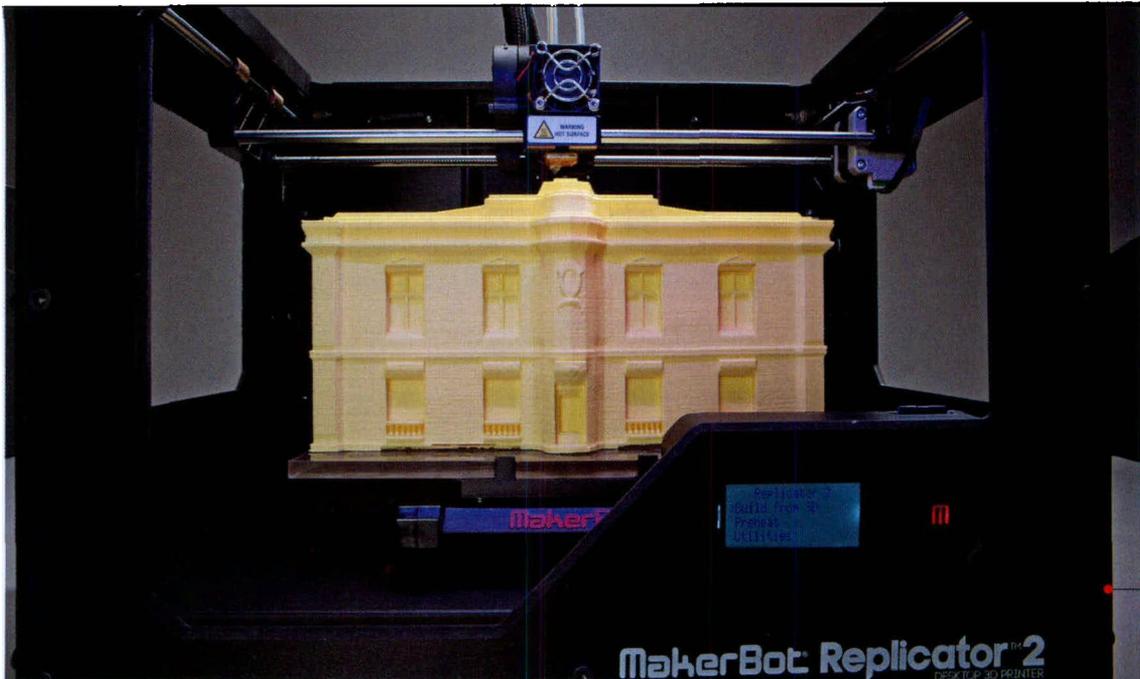
以率性的姿态，在城市驰骋。驰骋在繁华都市，谁的身影让人惊羡难忘？新BMW X1运动设计套装，搭载创新N20发动机，油耗更少，动力更强，穿梭都市的驾控乐趣令人羡慕不已。匹

配8速手自一体变速箱，流畅输出澎湃动力，穿梭都市的驾控乐趣令人羡慕不已。行由我，悦随心。全新的一键掌控iDrive系统，让导航、CD、电话等功能转换更加便捷。以

率性的姿态，在城市驰骋。新BMW X1。驰骋在繁华都市，谁的身影让人惊羡难忘？新BMW X1，行由我，悦随心。



突破现实的疆界。



一台美国生产的3D打印机正在打印一座巴黎建筑模型。图/CFP

一种金属表面熔覆上另外一种金属材料，能够相互结合得很紧密。这启发了黄卫东，依此类推，多层堆积，而且用数字化控制“堆”的方法，那么想“堆”什么形状就能“堆”出来，还可以把金属的力学性能做到很好。查找文献时，黄卫东发现了快速成形制造，他想用这种方法做飞机发动机的零件。最初，这个大胆的想法并没有获得支持，因为此前的快速成形技术并不成熟。

黄卫东先是安排博士研究生李延民进行基础研究，用激光熔覆把材料“堆”起来。初步结果令人鼓舞，在金相显微镜下，找不到“堆”的痕迹，这说明材料结合得很好，确实形成了一个致密的整体。

1997年，航空科学基金首次设立重点项目，黄卫东团队的“金属粉材激光熔覆的显微组织与力学性能研究”项目，在评审组长左铁钊的力挺下得以通过。同年，黄卫东的激光定向凝固研究项目，又获得国家自然科学基金的资助。2000年以后，863计划、973计划、国家自然科学基金重点项目等也开始对激光立体成型立项支持。

这个研究成果，很快就在新型航空发动机的研制中得到应用。到该航空发动机装机试车时，采用传统铸造技术研制的一个关键零件始终不合格。当时，在时间非常紧迫又缺乏相同金属材料的情况下，黄卫东团队

把金属零件不合格的部分去掉，然后用一种性能比较接近的金属材料在上面重新“打印”出合格的零件，最终通过了检测。

2001年，黄卫东团队申请了中国第一批关于激光立体成型的源头创新专利。至今已获授权激光立体成形的材料、工艺和装备相关的国家发明和实用新型专利12项。

国内的北京有色金属研究总院、北京航空航天大学、清华大学、北京工业大学、华中科技大学等，也相继开始开展这方面的研究工作，总体思路是要同步实现金属零件的快速自由精确成型和高强度控制目标。

1998年，华中科技大学快速制造中心也引进史玉升专门负责选择性激光烧结技术和选择性激光熔化技术。这是目前直接获得金属件最成功的方法，最有代表性的是美国3D Systems公司采用的将金属粉末和有机黏结剂相混合后的粉末烧结技术。

史玉升的首要任务是，研发激光烧结设备及其合适的粉末材料。那时，国外多以尼龙粉末作为激光烧结材料，然而这种材料为国外厂商垄断，每公斤售价高达上千元。最终，一种价格仅为尼龙材料的几分之一聚苯乙烯粒料成为可能的替代材料。1999年，史玉升他们用自己的技术与装备造出了第一个产品——计算机鼠标外壳。

突破耗材瓶颈后，史玉升研究团队又

取得了突破，在2010年研制出工业级的1.2米×1.2米快速制造装备，这是世界上此类装备的最大工作面，超过德国EOS公司和美国3D系统公司的同类产品。如今，史玉升团队正在研制1.4米×1.4米工作面的快速制造装备，以满足重要行业对大型复杂制件整体快速制造的要求。

此外，北京航空航天大学教授王华明团队，瞄准大型飞机、航空发动机等国家重大战略需求，在国际上首次全面突破相关关键构件激光成型工艺、成套装备和应用关键技术，使中国成为迄今世界上唯一掌握大型整体钛合金关键构件激光成型技术并成功实现装机工程应用的国家。

1998年，清华大学的颜永年又将快速成形技术引入生命科学领域，提出“生物制造工程”学科概念和框架体系，并于2001年研制出生物材料快速成型机，为制造科学提出一个新的发展方向。此后，西北工业大学、华中科技大学等多家单位都将生物制造视为重要方向。

产业化难题

华中科技大学教授史玉升最开始推广3D打印技术时曾被当作“骗子”。到了2011年，他们开始为空客和欧洲航天局等单位制作飞机、卫星、航空发动机用大型

复杂钛合金零部件的铸造蜡模

相对于科研的艰难推进,3D打印技术在中国的商业推广,更为艰难。

从清华大学教授颜永年1993年注册成立北京殷华激光快速成型与模具技术有限公司(下称“北京殷华”)开始,许多依托高校对3D打印设备进行产业化运作的公司实体相继建立。比如,华中科技大学1996年组建了武汉滨湖机电技术产业有限公司(下称“滨湖机电”),西安交通大学1997年成立陕西恒通智能机器有限公司。注册于北京市海淀区中关村科技园区北京隆源自动成型系统有限公司,也从1993年开始研发选区激光粉末烧结快速成型机,1994年正式投产和销售。但是3D打印技术和设备在市场上的认可度仍然很低。

华中科技大学教授史玉升最开始推广3D打印技术时,曾被当作“骗子”,许多企业家不相信不用模具和道具可以生产零部件。后来,史玉升的团队通过多次参加各种交流会使这项成果逐渐得到企业认可,还主动寻求与企业合作,派教师、博士后和研究生到生产现场,与企业里的技术人员一起攻关。真正开始销售是在2000年,最初一年只能卖出两三台设备,单价在100万元左右。

“不仅仅是我们,所有的快速成形企业都是这个样子,就连国外公司在中国的销售也是这样,每年都是个位数的销售规模。”

武汉滨湖机电技术产业有限公司副总经理吴澄告诉《中国新闻周刊》,他于2000年起进入滨湖机电负责销售,2005年之后情况才开始好转。

在吴澄印象中,大概是在2005年前后,由于3D打印技术的进步,能够生产出强度更高、精度更好的产品,制造出一些有性能要求的零件,快速制造的概念正式为工业界所接受。“应用领域随之扩展,产量得到一个大的提升。”他说:“销量达到两位数,一年会有十几台的业务量。”

2006年,上海民营企业凯泉泵业引进了滨湖机电的激光烧结3D打印机。后来,凯泉泵业在争取一个小批量、个性化设计的核泵项目时,这台3D打印机起了作用,从而进入了一个此前从未进入过的核泵领域。凯泉泵业现在是在全球前十大泵业厂商,而它们已经累计从滨湖机电购买了5台3D打印机。

直到2009年,史玉升团队的3D打印设备才被更多企业接纳。2011年,该技术被欧洲空客公司等单位选中,联合承担了欧盟框架七项目,为空客和欧洲航天局等单位制作飞机、卫星、航空发动机用大型复杂钛合金零部件的铸造蜡模。其中,一个部件约1米见方,但壁厚仅为3毫米,而且是具有微细特征的网络结构,这是传统制造方法很难实现的金属零部件。迄今为止,滨湖机电已经卖出去200多台设备,

销售额每年递增15%,还有部分销往海外。

滨湖机电的销售困境,是中国3D打印技术产业化推广的一个缩影。从一开始就致力于用3D打印技术直接制造力学性能很好的金属零件的黄卫东,目前也只卖出去5台设备。“很多年前我去宣传这个的时候,人家不会信也不会用,现在有越来越多的人觉得这个技术已经能解决他们的问题了。”西北工业大学教授黄卫东告诉《中国新闻周刊》。

除了这些致力于研发的企业之外,还有一些国外3D打印设备的代理商,经销打印设备、成形软件和特种材料,也有企业购买3D打印设备专门提供3D打印服务。即便如此,中国3D打印产业规模仍然很小,2011年装机量仅占全球的9%。

此外,3D打印在中国还没有形成产业链,这也在一定程度上制约了产业发展。“作为一个小单位来讲,我们是很全面的,包括设备、材料、工艺等全套服务都是我们自己做。”黄卫东告诉《中国新闻周刊》:“国外没有这样的,他们分工很细。”

好消息是,中国的3D打印行业已经开始改写单打独斗的历史了。10月15日下午,中国3D打印技术产业联盟在北京宣告成立,北京航空航天大学材料学院教授王华明被推举为首任理事长,华中科技大学教授史玉升为第一副理事长,清华大学教授颜永年任首席顾问。★

以探索的精神,向远方出发。当心渴望去向远方,谁能伴你破界前行?新BMW X1领先配备X设计套装,xDrive智能全轮驱动系统,无论砂路、水路还是公路,皆能应对自如。搭载创新N20发

动机,同时应用发动机节能自动启停功能,油耗更少,动力更强;配备xDrive智能全轮驱动系统,无论砂路、水路还是公路,皆能应对自如。匹配8速手自一体变速箱,流畅输出澎湃动力。行由我,

悦随心。而全新的一键掌控iDrive系统,让导航、CD、电话等功能转换更加便捷。配备xDrive智能全轮驱动系统,无论砂路、水路还是公路,皆能应对自如。

突破地域的疆界。

