

视觉中国供图



●激光制造技术的复杂结构制造能力、品质与灵活性远高于传统制造技术，目前我国部分激光制造技术已国际领先。

●当前我国激光产业已经初具规模，2018年我国激光器及激光设备产值达到600亿元以上，中国已经成为中低端激光制造做得最好、最大的市场。

●在国家重点研发计划的支持下，我国激光制造产业形成了“全链条设计、一体化实施”的思路，越来越多的企业已经投入到超快激光器的研发中来。

制造业转型升级要用好激光技术

——对话华中科技大学激光加工国家工程中心主任朱晓

本报记者 翟玉梅

激光历经60年发展，从日常衣食住行到工业领域加工制造的各个环节，它的身影已无处不在。

当前，全球制造业正在掀起新一轮产业革命。激光制造技术的复杂结构制造能力、品质与灵活性远高于传统制造技术，在航空航天、轨道交通、电子制造、新能源、新材料等领域有着重要发展前景，被

专家认为制造业转型升级的新一代战略性支撑技术，其也一直被世界主要发达国家所重视。

在前期市场拉动和政策支持下，中国已成为全球最大的激光制造市场。面对机遇，中国在激光制造领域正在进行怎样的探索？激光制造产业还应突破哪些关卡？未来激光制造产业发展的方向是什么？就此，记者与华中科技大学激光加工国家工程中心主任朱晓进行了独家对话。

传统制造，加工的效率、制造的质量也要好得多，优势明显。由于激光制造应用范围越来越广，其自身市场的体量也比较大，所以激光制造成本变得越来越低，进入了一个良性循环。

其次，此前我国激光设备大多依赖进口，但近5年来，我国企业在技术上实现了诸多突破，涌现出了大族激光、华工科技、锐科激光等企业，让中国本土拥有了更好的配套和更低的成本，国产替代已是大势所趋，我国激光企业将通过国产替代实现快速发展。

同时，智能制造引发了全球热潮，激光制造技术将成为智能制造领域重要的加工手段。比如，手机中90%的零部件需要通过激光加工，并且在这90%零部件的制造过程中，超过20种不同工艺的制造环节会用到激光技术及相关的制造设备。这些新的市场需求，给激光制造产业带来持续发展动力。

记者：面对中国激光制造产业的黄金时期，产业界应该在哪些方面努力和改进？

朱晓：中国现已进入到激光制造技术全面应用的时代。在转型发展的关键时期，规范行业发

展迫在眉睫，同时也要加快激光核心器件的突破。

目前，激光制造已处于技术敏感期，在升级激光传统的加工手段、开发新型加工手段的同时，我们还需要努力形成更规范的市场运作。政府部门和行业界需要共同努力，在管理上下功夫，引导行业健康发展，建立相关的规章制度、服务体系，避免出现恶性竞争等，同时行业内的参与者也应自律。

中国激光制造技术近年来进步显著，但要跟上世界主要发达国家的技术水平，我们还是要关键核心器件上实现突破，目前国内也在这方面补短板。比如对于超快激光器在精密微细制造中的应用，国家重点研发计划已有布局，武汉华日激光公司牵头的超快激光器的工程化量产和产业化示范，现在已做到百瓦级。国家重点研发计划的引导只是开始，在国内越来越多的企业已经投入到超快激光器的研发中来。激光是一种通用工具，激光制造和其他制造相结合是未来发展的趋势，未来更多新的应用会被开拓出来，我们要充分发挥激光的特点，做好、用好这个工具。

集中攻关，部分激光技术已国际领先

记者：激光制造领域已成为全球制造业转型升级过程中关注度最高的领域之一，您认为世界主要发达国家关注和支持激光制造领域的原因是什么？

朱晓：激光制造技术是国际战略核心技术之一，世界主要发达国家也均将激光制造列入相应的国家发展计划，持续加大国家投入。

美国在激光制造基础理论、产品研发方面走在世界发展的前列，持续的政府政策支持带动了美国航空航天、高端芯片等领域的激光加工应用发展。比较典型的是美国通用电气公司，它应用在飞机发动机制造上的激光钻孔技术目前是全球最高水平。

欧洲的激光制造则以德国为代表，德国拥有强大的基础工业发展体系。经过多年的发展，德国将在其国民经济占有最重要地位的汽车制造做为应用支撑点，使激光制造技术完成了从辅助技术到主流技术的转变，而这些又反过来促进了德国制造业整体水平的提升。

记者：对于中国激光制造产业的发展路径，

您是怎样理解的？目前我国有哪些突出的激光制造技术成果？

朱晓：中国激光制造产业的发展路径是从中低端往高端走，走的是“群众路线”。中国非常注重激光制造产业的发展，近十年也在国家层面发布了多项激光制造的规划，加之中国市场的广阔和应用需求的强劲，当前我国激光产业已经初具规模，2018年我国激光器及激光设备产值达到600亿元以上，中国已经成为中低端激光制造做得最好、最大的市场。

中国的激光制造产业同时也在高端制造领域加紧追赶步伐。在国家科技计划，特别是“增材制造与激光制造”国家重点研发计划的支持下，从基础研究、器件研制、装备开发到实际的应用示范，形成了“全链条设计、一体化实施”的思路，集中优势力量攻关，目前已产出一批突出成果，如提出了电子动态调控超快激光制造的新原理、新方法，研制出了高性能新一代激光晶体等，形成了一定特色，部分技术国际领先。

国产替代，帮助企业快速增长

记者：过去十年，被业界普遍认为是中国激光制造产业的黄金十年，我国激光制造的市场规模增长率也远超过国际平均增长速度，这种增长态势还会持续吗？

朱晓：随着中国制造业的转型升级，激光技术的成本不断下降，应用需求空间不断扩大，预计未来激光制造的市场规模将越来越大。

首先，激光制造在中低端可以做到替代部分

打破垄断，为产业化奠定基础

记者：您主持的脉冲碟片激光器项目2019年3月成功实现国产，业内专家高度评价说其填补了全球相关技术和设备的空白，您能介绍一下它的优势和创新能力体现在哪些方面吗？

朱晓：激光的产生需要一定的“工作物质”，现在工业激光器主要有4种：半导体激光器、光纤激光器、板条激光器、碟片激光器。这4种激光器中，碟片激光器是获得大脉冲能量、高平均功率、窄脉冲宽度的最佳技术方案。

之前国内碟片激光器受限于知识产权和核心器件，一直被德国垄断。我们走的是另外一条技术路线，拥有自己的知识产权，多项技术指标和技术成熟度等同德国水平。目前核心单元器件已成熟，器件完全实现国产化，为今后产业化奠定了基础，在硬脆材料制造、金属材料打孔、精密焊接等应用领域前景广阔。

未来我们打算继续研发更高功率的激光器，做到千瓦级、万瓦级。在基础研究方面，要解决薄片发热问题，获得更好光束质量；要采用不同的激光晶体，做成系列碟片激光器；最后希望能与下游设备集成商紧密合作，实现成果转化，最终实现脉冲碟片激光器的量产。

记者：您提到目前正在寻求脉冲碟片激光器的后续成果转化，这个过程中您感触最深的是什么？

朱晓：实验室成果转化为产品，核心是要进行工程化开发，解决产品的成品率和生产效率的问题。保证成品率的批量生产至关重要，制作工艺、制造标准、检测方法都要在质量控制上做到位才行。我们需要考量怎么把每一步做规范，控制精准，还要提升制造效率，降低成本。

（原载于《前沿科学》2019年第4期，内容有删减）

金属3D打印或引发重大装备生产模式变革

——对话中国工程院院士王华明

技术畅谈

本报记者 毕文婷

增材制造(又称3D打印)技术，是一种通过简单二维逐层增加材料直接实现三维复杂结构制造的数字化、智能化、低成本、短周期先进制造的技术。它突破了传统零件成形和加工制造技术的原理限制，从理论上讲，不依赖于传统工业基础设施，仅仅通过简单的“二维数字打印”就可以直接制造出任意内部结构和外形、几何尺寸的高性能三维复杂结构。

正因为相较于传统成形制造技术的变革性优势，3D打印技术成为当前装备先进制造、结构设计和新材料等技术领域的热点方向，欧美等发达国家纷纷将其列入国家发展战略。而金属3D打印技术属于3D打印技术中的一个重要分支，其对高性能金属构件的制造有着重要的推动作用。

作为制造业及国防重大装备大型关键承力结构的主体，高性能金属构件的制造将在这场制造业变革中出现怎样的创新？金属3D打印技术又将如何实现广泛应用？就此，记者采访了工程院院士、大型金属构件增材制造国家工程实验室主任、北京航空航天大学教授王华明。

发挥新技术“随心所欲”优势

记者：金属可以说是日常生活中最常见的材

料之一，就您的了解，传统金属制造技术还存在哪些关键性的制约问题？

王华明：由于相对非金属材料具有特殊优势，金属被广泛应用于重大装备的大型关键承力结构中。但大型铸锻面临着晶粒粗大、组织疏松、化学成分偏析严重、塑性成形加工性能差等问题，会影响大型金属构件成形制造能力和构件性能。可以认为，在过去几十年间，大型金属构件制造能力和性能水平实际上没有飞跃性进展。

记者：业内普遍认为3D打印技术将引发一场制造业的变革，您觉得金属3D打印技术将如何摆脱传统制造的原理性制约？

王华明：金属3D打印技术拥有超高温、强对流的“微区超熔冶金”特点，而且能使金属的凝固冷却速度高达数十万摄氏度/秒，具有“激冷快速凝固”的特点。这两种特点的结合可以使金属3D打印技术彻底摆脱传统大型铸锻熔铸和锻造的原理性制约，使增材制造大型/超大型、复杂/超复杂金属构件具有晶粒细小、成分均匀、结构致密的快速凝固组织，并能方便地合成制备出传统冶金制备技术无法制备的新一代金属结构新材料。

利用金属3D打印技术制造的构件，其内部质量、晶粒结构、微观组织及性能，不仅不受零件尺寸、壁厚、位置的影响，而且在金属构件逐层熔化、逐层凝固的3D打印过程中，还可以“随心所

欲”地控制3D打印合金熔池的熔体冶金状态、凝固冷却速度、温度梯度等金属结晶条件及固态冷却过程中的3D打印环境物理、化学条件，实现对零件不同部位材料的化学成分、晶粒尺寸、形态和取向以及微观结构的主动控制，充分发挥不同材料的性能优势，取长补短地把不同材料“按需设计”，定制于零件的不同部位，使增材制造梯度金属材料构件具有单一材料无法具备的特殊性能。

记者：能否请您具体谈谈，金属3D打印技术将对日常生活产生怎样的影响？

王华明：就飞机制造来说，目前一架大型客机的机体结构零件数量数以万计。未来如果利用金属3D打印技术生产大型、复杂、整体、高性能、轻量化构件，一架大型飞机的机身结构零件数量可能仅需数百个，可变性地降低飞机自身结构重量。而且，在传统情况下，飞机生产需要国家强大的重工业能力支撑，设计时间少则5年、多则十几年。而将来利用金属3D打印技术配合模拟仿真技术，可能会使飞机的研制生产周期呈现数量级降低。

若能充分发挥金属3D打印技术低成本、短周期、数字化、智能化的优势，或将对未来重大装备的高性能金属结构材料制备技术、高性能大型复杂整体关键金属构件制造技术、结构设计技术，甚至对装备生产模式产生变革性影响。

还需在多方面实现突破

记者：正如您所说，金属3D打印技术确实具有很多传统制造技术无法比拟的优势，但从现实生活来看，这些优势似乎还未发挥出来，在重大装备研制和生产中的推广应用还不多。为推动广泛应用，我国还应在哪些方面着力？

王华明：金属3D打印技术的未来发展和在重大装备中的作用，取决于对金属增材制造过程中关键科学与合金技术等基础问题的研究水平。

目前金属3D打印技术主要有“粉末选区熔化”技术和“送粉/送丝”“熔化沉积”技术两类。“粉末选区熔化”技术适合小型、复杂构件的制造，但如果想在装备制造中获得大量应用，就必须在工艺、设备、材料、质量性能控制等方面有重大突破，彻底解决打印零件尺寸受限、打印效率低、零件质量性能差、零件价格超高等瓶颈问题，否则该技术只能局限在很有限的特殊装备制造中。

而“熔化沉积”技术虽然适合重大装备大型关键承力构件的制造，但其技术难度更大。因此，深入研究熔化沉积打印过程中的熔池冶金、凝固、热物理、固态相变等超常材料制备与成形基础问题，发展高效、高精度、高性能大型关键金属构件增材制造技术，研发基于增材微区冶金的新一代高性能金属结构新材料，是该技术的重要发展方向。

（原载于《前沿科学》2019年第4期，内容有删减）

观点热搜

别把学历变成“死杠杠”

胡一峰

近日，特拉斯直聘AI人才，只求对AI有“深刻理解”，不限学历，甚至不在乎是否高中毕业。这种不拘一格的做法，引起了人们的关注和思考。有人认为，这再一次说明“能力”比“学历”更重要。

“能力”和“学历”之争由来已久。首先应该承认，能力和学历并不矛盾，把能力和学历水火不容地对立起来，是一种十分错误的观点。但如果由此而得出“读书无用论”，完全否定学历的价值，则更是荒唐到家。一般来说，学历是一个人能力的重要体现。有能力的人，只要获得学校教育的机会，加上自己的努力，完全可能获得与能力相称的学历；而高学历人群，从总体上看，能力也相对较强。这不但是理论上的推演，也有许多事例可以证明。

不过，在实际工作中，也确实存在高分低能、学历高能力低的现象。有的时候，这是人岗不相宜造成的。比如，把一位不擅长做菜的天文学博士安插到厨师的岗位上，可能会给人“工作能力差”的错觉。我们需要通过优化岗位适配，做到人岗相宜，方能人尽其才。但有时候，这也确实反映了目前学历教育不注重实践、轻视动手能力等问题。同时，学历教育虽分为不同专业，但仍属于对综合素质的培养和衡量，因而更适用于培养“通才”。一些“偏才”“怪才”，某方面才华或能力或许格外突出，但可能无法通过学历要求的考察。此时，学历自然也就无法反映其真实能力了。所有这些都要求在衡量人才时，不能仅看学历，更不能把学历当成唯一指标。从这个意义上说，特拉斯的例子，给了我们启示，不是不重视学历，而是别把学历变成一道“死杠杠”。

一般而言，越是成熟的专业领域，学历对能力的反映度就越高。而像AI这样的新兴领域，最初的“人才群落”往往不是学历教育培养出来的，而是从实践中催生的，有时还可能从其他领域的人才“跨界”而来。正因为如此，在新兴领域人才的评价和使用中，如果把学历、职称等“硬杠杠”作为唯一尺度，其结果只能是堵塞了人才涌现之路。反过来说，在评价一些传统领域特别是基础学科的人才时，如果完全抛开学历、职称等因素，一味追求所谓“能力”，不但会出现偏差，对于高学历者也是不公平的。

而且，能力是一个不断变化的概念，学历只是能力的一种阶段性表现。拿到一份学历，意味着对过往学习能力及成果的一次鉴定。正所谓，所有过往，皆为序章。对于一个人而言，一生中可获取的学历总是有限的，能力增长的道路却一直贯穿着一个人的一生。现代教育越来越倡导终身学习，越来越重视对获取技能之能力的培养，也充分说明了这一点。我们这个时代，正经历着日新月异的发展，新事物不断涌现，新领域不断扩展。对于教育部门和用人单位而言，必须紧跟实践发展的节拍，实现“学历”和“能力”两相宜的效果。同样，对于每个人而言，只有常怀“能力恐慌”，把自己锻造成一枚高效的“蓄电池”，不断充实自我、超越自我，才能为社会作出应有的贡献。

深挖数字创新理论的潜在价值

温雅婷

伴随着数字化技术的发展与数字经济的日臻成熟，以及各种新业态和新商业模式的不断涌现，传统的创新理论也受到了一定的冲击，如何使创新理论更好地服务于数字经济时代是当下需要思考的重要问题之一。数字创新理论的出现受到理论和实践领域的重点关注，或许是破解上述难题的关键所在。

不同于工业革命与互联网革命，数字革命通过广泛终端的移动式和嵌入式连接，以海量信息为基础，以知识的无限延展为工具，以行业边界的日趋模糊作为桥梁，极大地释放了创新的潜力与价值，出现了包括开放式创新、平台创新、嵌入式创新等多种创新模式。

区别于传统创新理论，数字创新理论主要有如下几个关键特征。

一是数字创新理论的无边界性。传统的创新理论对创新的初始有着清晰明确的定义和方向，数字创新理论则对于产品或服务整体架构的定义并不明晰，其边界是在创新过程中不断演进和动态变化的。

二是数字创新理论的高度灵活性与去中心化。数字化技术形成了产品与组织的松耦合系统，使产品和服务创新更加灵活。组织的协同合作由于突破时空界限，降低了交流成本并带来了组织的去中心化。

三是数字创新理论的自生长性。这指的是大量异质性的创新主体主动适应数字化技术及其演进趋势而创造新产品和新服务的能力，这也使得多数的数字创新产品和服务具有快速迭代的特征。

数字创新理论打破了传统创新理论的藩篱，但其要如何才能成为创新理论的主流范式并更好地服务于数字经济？我们可以从以下几点深入探讨。

一是完善数字基础设施并扩大用户(终端)基础以形成海量数据资源，尽快完成数据的“原始积累”，数据作为数字创新中重要的操作性资源和操作对象资源，将成为数字创新理论进一步发展的重要引擎。

二是建立数字创新网络中异质性主体间的治理机制，当前线上线下的以社群为单位的网格化治理成为数字创新实践和理论发展的中坚力量，一方面针对具有异质性的不同群体发展定制化数字创新，另一方面形成不异质性群体之间的正反馈协作生态以实现更高层次的数字创新。

三是驱动数字创新与传统领域的融合，尤其是延伸数字创新技术在公共服务场景下的应用。传统创新理论多聚焦于有形产品创新与商业模式领域创新，忽略公共服务场景的探索，数字创新的高度灵活性与去中心化的跨界创新，将激发公共服务创新的活力，进而反馈于数字创新理论本身，丰富其理论内涵和应用场景。

（作者单位：中国科学院科技战略咨询研究院）