全社会协同创新，推进“中国制造2025”

■ 中国工程院院士　卢秉恒

编者按：2015年11月26～27日，“第28届中国机床工具行业发展论坛暨2016年运营形势研讨会”在重庆永川举行，本文根据卢秉恒在会议上的主题报告录音整理而成。

中国制造什么时候进入世界第一方阵?

改革开放以来，中国制造业经历了家电、汽车和飞机行业发展的三次浪潮，家电行业采用全面引进方式，满足了市场需求；汽车工业的中外合资策略，与最初的目标渐行渐远，丧失了自主品牌；飞机制造正在向高端发展，由于技术买不来，核心制造装备会不会拖后腿?这是值得我们深思的问题。其实飞机制造只是高端制造的一个典型代表，核电、风电、高铁也都属于高端装备制造，这些技术的发展表明中国制造正在一步步走向高端。

当前，中国已经成为制造业大国，制造业增加值占工业收入的86.70%，占出口总量的95.09%。中国制造的GDP占世界GDP的20%，成为全球第一制造业大国。然而，中国制造业“大而不强”的情况十分突出，中国的制造业在材料和能源的消耗以及对环境的破坏上几乎是先进国家的2.2倍，这种发展是不可持续的，因此中国制造必须走向高端。

“工业2.0”、“工业3.0”和“工业4.0”的发展过程其实是从机械化到电气化，再到自动化，最终实现智能化的过程。现在的中国制造正处在工业3.0阶段，同时向“工业4.0”方向发展，在自动化方面国家也做了很多的工作，计算机/现代集成制造系统（CIMS）也取得了很大的成绩。另外，现在很多的飞机制造企业，以及包括汽车制造企业在内的大中型企业，信息化都做得非常好，工人可以在屏幕上看到生产进度以及每个零部件的使用情况。但是在做CIMS工作的过程中，由于对装备重视不够，导致工艺与装备水平与国外相比仍有较大差距。比较典型的案例就是机器人的研究，已经进行了30年，仍然没有形成产业，机器人关节减速器和驱动系统等产业化瓶颈仍存在。

我国开展高端数控和机器制造装备专项以来，取得了突出成果，包括高档数控重大专项取得重要成果，五轴数控系统与五轴联动机床实现突破，发电和造船等一大批关键装备投入使用，解决了领域需求。目前产业化正处于艰苦攻关期，应加强产业化，理顺推广政策。“04专项”汇聚的十大标志性装备实现了发展，已经生产出世界上最大的数控桥式龙门五轴联动车铣复合机床；国产大型快速高效数控全自动冲压生产线，在国际竞标中一举囊括福特汽车5条轿车冲压生产线，国内的市场占有率为70%，国外市场也占据了40%；国产精密卧式加工中心，与国外产品同台竞技胜出；华中数控对沈阳飞机公司的30多台进口机床“换脑”成

功，都运行得很好。航空航天部门已经考虑到国家的信息安全，正在大量采用04专项的产品，因此我们要对自己的成绩有信心。当然，受当前制造业环境的影响，现在的机床行业形势在全面下滑。即便如此，依靠较高的研发水平，很多企业整体的市场表现仍然可圈可点。

不过，我们也应该清楚地认识到我国制造业目前还存在很多问题，比如飞机和汽车的发动机技术主要依靠进口，计算机的芯片80%以上是进口。我们把中国制造按照经济规模、效益以及是否具有可持续发展的能力进行评估，对每一项打分，打出总分中国是80几分，美国160分，阶段性的差距仍然非常明显。为此，《中国制造2025》规划提出制造业由大变强的发展目标，勾勒出中国制造未来发展的线路图，提出力争通过“三步走”实现制造强国的战略目标：2025年中国制造业可进入世界第二方阵，迈入制造强国行列；2035年中国制造业将位居第二方阵前列，成为名副其实的制造强国；2045年中国制造业可望进入第一方阵，成为具有全球引领影响力的制造强国。

全社会协同创新，推进“中国制造2025”

进入“工业4.0”各国都有自己的优势。德国的优势在于产品质量过硬、工业基础雄厚、工艺严谨。美国的优势是社会创新、高科技优势，集聚全球资源与精英。中国的优势是内需市场很强劲，人力资源丰富，以及工业体系比较完整。但是中国也存在内需市场不注意保护，人力资源丰富但创新精神不足，以及工业体系完整但主要处于中低端水平等问题。

在这种情况下，应该以追赶与跨越并行的策略来推进“中国制造2025”。追赶与跨越同时进行有很多好处，比如在质量方面，我们和工业强国差距很大，还处于“工业2.0”的水平，但如果用“工业4.0”、智能系统去做质量，那可能就不需要完全依靠认真的工匠精神去保证质量，而是靠智能系统通过检测、反馈、分析以及智能等手段来保证，因此采用先进的技术可以加快我们的追赶步伐。但是这需要大规划下的市场驱动、社会资源的优化集成以及创新人才目标的教育改革，即需要全社会的协同。

全社会的协同主要包括以下几个方面：在市场协同方面，进行以国家意志主导的市场引导，培育企业和人民大众为培育民族工业贡献、支持国产品牌的意识。在金融、科技与产业的协同方面，改善制造业的资金环境和财税政策，资金需要给予实体经济更多的支持，同时制造业也必须增加自己的利润率。在产学研协同方面，企业作为创新主体，应该充分认识到产品的选择是创新的起跑线，并应成为投资研发、成果应用和集成创新的主体，同时要突破企业围墙，将全国资源优化，让知识流动起来。在人才培养协同方面，要采用正确的学科评估标准，培养“工业4.0”时代的企业家、科研领军人以及具有互联网思维与精通制造工艺的人员，以后的科研人员不能只把论文写在纸面上，还要写在产品上、写在装备上。

如何正确理解智能制造?

我们在理解智能制造时，要将智能和数控加以区别。数控是指程序按照图样编制，加工过程变形及振动时无法调整，加工质量取决于编程者的经验、水平及装备的刚度，是一种自动化模式。智能是指实时检测加工过程变形及振动，按照质量目标及机床状态调整加工参数，获得高速、优质的产品，在不增加硬件成本的情况下，可以成倍提升效率和质量，是一种智能化模式。

在未来，智能装备将实时监控，会根据机床、刀具和工件的实时状态，实现工艺优化，成倍提高加工质量、加工效率和价值。在这个过程中大数据、传感器和软件是重要的基础，要充分利用这些来使工艺更优化，通过记录装备的工作状态，来预测装备故障，制定维修计划，从而保证开工率，分析装备的效率，优化工艺，以用户为实验室，改进设计。

这里所说的大数据和大家理解的数据库、知识库是有区别的，主要是指把很多散乱的数据整理到一起，通过大数据分析、判断社会的变化，感知技术的发展。制造大数据通过把在用户中分散的数据信息集成起来，通过分析就可以看出使用的机床是什么型号，实行了什么样的加工，在加工什么样的工件，以及有什么样的问题；此外也可以分析使用的刀具有哪些问题，真正的效

率怎么样，以及哪些用户喜欢什么样的刀具。解决这些问题就可以改进设备，优化工艺。

3D打印如何推动制造业创新?

3D打印实际上是推动制造业创新的技术。生产制造业是材料累加的过程，原来是做减法，或者不加不减，现在是做加法。3D打印技术从20世纪80年代中期发明以来，仅仅30年，就进入了工业和社会领域。麦肯锡作了一个最新报告，列举了今后会影响生产组织和社会生活的12项重大颠覆性技术，其中，3D打印排在第9位，排在页岩气之前，预测2030年将达到0.6万亿～1.2万亿美元的产值。

3D打印主流技术包括光固化技术、粉末选择烧结技术和熔融层积成型技术，不同的需求采用不同的工艺。附图是西安交通大学开发的一个产品，中间核心部分是3D打印，前面通过扫描、照相把物品测量出来，然后设计。后面是经过3D打印做出的原形，然后采取硅橡胶制造模具，或者用快速电动机加工，来做几十件、几百件，甚至几十万件的生产。这个产品系统在包括汽车、摩托车、家电、轻工、个性化医疗及消费品的开发等很多领域进行了应用，使产品开发的周期和费用由原来的1/3降低到1/10。

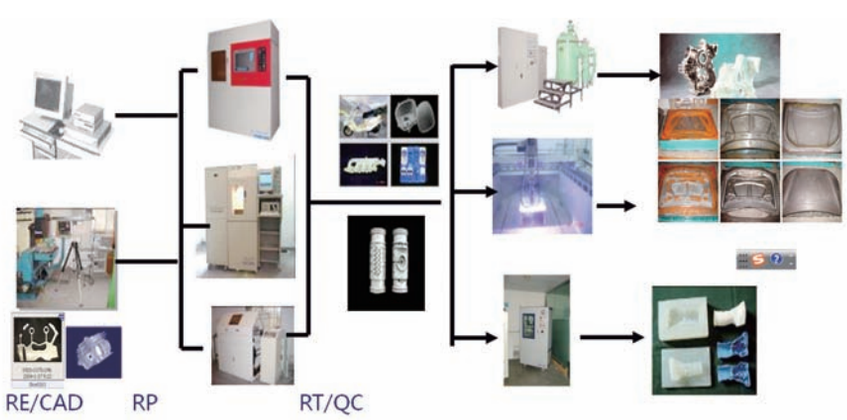
3D打印可以带来很多颠覆性的变革，在航空航天领域，可以使材料利用率由5%提升至85%，制造周期由数月压缩为几天；概念飞机的设计可以减轻质量的60%；生产新能源汽车，可以把2万个零件集成为40个零件，6天打印完成且减重1/3；GE公司3D打印飞机发动机喷油器，提高燃油效率15%，发动机前进了一代。此外，3D打印也可以支持新科技革命，从增材到创材，3D打印研发超高强度、超高耐温、超高韧性和超抗蚀的合金材料。美国用3D打印做出了耐高温3 315℃的零件，用于“龙飞船2号”发动机，推力得到大幅度提升。

作为新兴技术，3D打印个性化商品制造的商业模式，也是大众创新、万家创业的最佳途径。现在很多的产品可以直接通过3D打印出来了，在今后社会生产走向个性化批量定制的时代，很多的消费品都可以用3D打印通过众创来完成设计，通过众包来实现制造。

3D打印正处在技术发展的井喷期，中国的3D打印技术已经走在世界前列，我们的专利总量全球第二，占25%以上；在航空大型结构件、医疗等应用领域处于领先水平，整个工业机装机量全球排名第四。但是也存在产业差距大、未形成产业链、企业规模小以及缺少原创等问题。

全国增材制造（3D打印）产业技术创新战略联盟关于3D打印行业的5年发展规划中提到，希望5年内3D打印在国内形成直接产值（装备与服务）达200亿～300亿元，制造业扩散效益达1 500亿元；基本形成产业链，完成主要材料及关键元器件开发；树脂类、金属类装备的国产化率达到60%～80%；面向3D打印的软件行业开始形成；在航空航天等领域重大装备的结构、材料的优化和创新中发挥重大作用，各制造领域均有应用，形成示范效果等。

进入“工业4.0”时代的今天，信息化广泛而深入地融合到各行各业。作为最能体现“工业4.0”特点的3D打印技术，如何推动我国创新技术水平的提升，从而推进我国总体制造大国向制造强国转型成为当下的重要课题。3D打印是产品开发的技术，不仅仅在今天是非常有用的，它为设计理念以及装备和产品的创新开辟了巨大的空间，是今后的发展趋势。希望全行业乃至全社会要“抓住新一轮科技革命和产业变革的机遇，不能等待，不能观望，不能懈怠”。MW



西安交通大学开发的3D打印生产系统

（收稿日期：20151228）