

未来制造业技术与创新：加速价值创造

【译者按】 世界经济论坛和科尔尼联合于 2017 年 3 月发布了《世界经济论坛白皮书》，本文编译的《未来制造业技术与创新：加速价值创造》是白皮书的一部分。文章重点论述了对制造业相关部门产生最直接影响的 5 类颠覆性技术：物联网、人工智能、先进机器人、可穿戴设备以及 3D 打印技术的基本概况、应用情况，以及未来全面应用面临的主要障碍，探讨了新技术对工厂、企业、行业、社会和个人五个层面的价值体现。此外还分析了新技术对未来的影响及下一步行动计划。赛迪智库规划研究所对该报告进行了编译，期望对我国有关部门有所帮助。

【关键词】 制造业 颠覆性技术 创造价值

一、颠覆性技术对全球制造体系带来重大变革

（一）颠覆性技术改变制造业的生产方式和服务方式

第四次工业革命带来了各种技术，日渐消弭了全球制造体系中物理、数字和生物领域之间的界限。当前，技术的快速发展给人们的生活和工作带来深刻变化，影响着所有学科、经济体和行业，首当其冲的是制造业。从整个“来源-制造-交付-消费-再整合”制造活动链来看，这些技术影响和改变着制造过程中端到端的各个环节，并进而改变消费者的产品需求、工业流程和环境痕迹、全球供应链管理、行业层级，以及各国在全球价值链中的地位。特别是关键领域的重大技术突破，未来将彻底改变制造业，这些领域包括人工智能、机器人技术、物联网、自动驾驶汽车、3D 打印、纳米技术、生物技术、材料科学、储能技术以及量子计算等。

（二）颠覆性技术选择的三步分析法

新技术发展的方向和对制造业的应用影响具有不确定性，为了挖掘这些技术的最大价值，本论坛针对 2016 年“制造技术展望系列”的研究，遵循缜密的三步分析法，并选择和评估对未来制造业影响最大的 5 类技术。第一步，找出在一个或多个方面影响全球制造体系的各项技术，确定各项技术的成熟度，随后通过“新兴—趋于成熟—主流”的优先级分析，确定在价值链、行业

和地域方面具有最广泛应用潜力，以及在未来 3 至 5 年具有较大影响力的 5 类技术。第二步，详细分析每类技术的现状，区分夸大宣传与实际情况，了解短期发展前景。针对每类技术进行前瞻性研究，准确反映当前技术成熟度及技术应用水平（跨流程、行业和地理区域），同时根据分析结果了解技术对未来的影响。第三步，重点分析各类技术的综合影响，形成最终见解。首先了解各种技术之间的关联度，以及相关技术在解决企业和社会问题过程中如何进行整合或竞争；然后运用一系列定性与定量分析方法，预测相关技术对实际生产、企业、行业、社会 and 个人的综合影响，形成最终评价。比如，本文通过大量访谈、全球调查、开源报告等，进行定性分析；运用众多来自世界银行、经济合作与发展组织制造业与劳动力全球数据库、行业和市场报告，以及科尔尼咨询公司企业年鉴等数据，定量分析相关技术带来的整体和特殊影响。最后，还建立价值链经济学模型对技术整合在供应链中创造与分配新价值的方式进行量化和预测分析。

二、影响制造业的五类颠覆性技术

影响当今制造业体系的各种技术和理念涉及范围甚广，涵盖以信息和通信技术为基础的各项技术、先进材料、各种先进的制造工艺和制造理念。其中，物联网、人工智能、先进机器人技术、

可穿戴设备以及 3D 打印 5 类关键技术表现最为突出，对各国、各行业和价值链中的各个环节都有着广泛的应用与影响。

（一）物联网的广泛应用

1、基本概念

物联网技术，是在物理设备中嵌入传感器、连网器件和其他组件，使其能够收集和交换数据。物联网技术发展体现：以信息技术、操作技术和自动化技术为基础，工业物联网创造了从生产车间到互连产品、服务和供应链的未来生产方式；物联网平台，各家技术企业竞相创建不同行业领域的物联网平台，但目前尚无明确的赢家。

2、生产应用

物联网不仅能够彻底变革生产车间的运作，还能够实现整个供应链的实时查看，涵盖从产品研发至终端客户的每个环节，为制造业带来颠覆性改变。在当今制造业体系中，其有三种不同用途：智能企业控制、资产绩效管理和提升员工能力。另外，物联网在整合企业规划、生产调度与产品生命周期系统、自动化系统等方面，具有巨大潜力。届时，人们将重新定义如何进行产品生产、提供服务和从事经营活动。到 2020 年，制造领域的物联网投资预计将从 350 亿美元增加至 710 亿美元；到 2025 年，接入物联网设备预计将从目前的 170 亿台增加 800 亿台。

3、全面技术应用面临的障碍

目前，物联网仍处于起步阶段，有 85% 的潜在资产仍未实现互连。物联网技术在生产车间和供应链环节应用的阻碍主要有：互操作性，包括通信协议、标准语境和机制等，需要各国政府和企业确立行业标准，使智能连接的产品、机器设备及资产实现透明交互；网络安全，包括单个资产的安全和大规模系统甚至多层架构系统的安全，需要采用经过认证的行业安全标准。此外，物联网的全面应用可能会造成大批量商品制造等行业出现垄断，分布式制造业的监管也可能变得更复杂。

(二)人工智能与日渐成熟的先进分析技术

1、基本概念

分析引擎为互连经济各个层面提供支持，其算法逐渐变得智能，在高质量大数据的支持下，能随着时间推移实现自我学习和积累。人工智能使制造商能够在生产车间、运营和消费者所产生的海量数据中发现商机，进而做出有效决策。同时，分析技术向人工智能或机器智能的过渡，将深刻影响消费的性质、企业架构、供应链以及社会生产方式。近期人工智能在图形分类识别以及本体推理等多种认知应用方面实现了重大突破。人工智能产品将颠覆客户的价值取向，生产者必须做好准备，以满足客户相关价值需求。

2、生产应用

人工智能推理和优化技术正在渗入各个行业的价值链。各大企业将利用人工智能实时响应客户偏好，以快速实现个性化产品和服务的规模化拓展，比如现已出现的自动驾驶汽车。人工智能为企业在规模效益和管理体系之间得到快速、高效的决策方案。比如，大型跨国企业和机构也将运用人工智能实现快速评估、预测和决策模拟，挖掘规模经济的全部潜力。

3、全面技术应用面临的障碍

一是重大的伦理、法规和经济问题；二是人们对网络安全的担忧，网络安全本身也属于一个新兴行业，需要与人工智能和分析技术相互结合并得到发展，以应对各种不可避免的漏洞。

（三）先进机器人破茧成蝶

1、基本概念

推动第四次工业革命的众多数字技术中，先进机器人技术表现出无可比拟的实力，擅长处理“单调、肮脏和危险”的工作，能极大改变整个价值链。目前全球制造业已拥有 180 万个工业机器人，拥有 350 亿美元的全球市场，中国现已成为全球最大的机器人市场。预计到 2030 年，由机器人承担的生产任务将从目前的 10% 增加到 25-45%。

2、生产应用

机器人最广泛的应用是处理包装、分拣和放置等作业流程，在 2014 年达到最高年增长率；第二大应用是焊接作业，主要应用于中国、日本和美国等汽车制造大国。随着机器人成本不断下降（过去 10 年下降了 25%），小型工厂、食品饮料等行业也会纷纷采用机器人技术，实现经济效益提高。此外，随着机器人不断拥有直觉、自控、灵敏与体贴等类似于人类的特征，实现人机协作终极目标会成为现实。

3、全面技术应用面临的障碍

第一是技术限制，需要更先进的视觉和抓握系统，提高在杂乱环境中的“感知”和“工作”能力；第二是高成本限制，机器人及配套基础设施与安装使用等方面的成本需要进一步降低；第三是劳动力限制，机器人的进步速度远远超过劳动力技能提高的速度，人类还需加快对机器人的接纳。

（四）可穿戴技术实现劳动力数字化

1、基本概念

可穿戴设备、增强现实（AR）和虚拟现实（VR）技术有望成为继个人电脑和智能手机之后的下一代计算平台，可穿戴设备的舒适性、功能性和安全性也将日趋成熟。在制造业领域，增强与虚拟现实技术能够更全面的开发人类潜能，能够从根本上改变向用户传递信息的方法，令用户获取关键即时数据。目前能广泛

应用于质检、工作指导、培训、流程管理、作业安全、后勤保障等领域。

2、生产应用

可穿戴设备能够在制造业领域创造多个维度的价值。一是能够增加产量，提高利润率，还能提高精准度，改善生产效率；二是能够有效减少安全事故；三是有助于减少停工时间、故障和浪费，大幅缩短交货时间，从而有效减少质量方面的变数；四是增强设计，减少产品交货时间和研发成本，改善产品的可靠性，提高生产流程的效率。采用这些技术的市场主体遍及建筑、汽车、后勤、航天、工业设备、采矿、油气等多个行业。

3、应用面临的障碍

可穿戴设备、增强现实与虚拟现实的潜在用户，通常关注四个主要问题：技术是否适当，人工成本高或者出错成本高的行业，以及需要人手完成但又需要信息处理的工作岗位拥有最广泛的应用前景；时机问题，技术的能力与局限性将决定相关技术应用的时机；潜在价值，企业权衡采纳技术的成本与收益；实施方法，每件设备、每项功能，在具体领域不同企业要反复试用硬件、软件与内容的互相联通，再根据试点情况完善后续应用。

(五) 3D 打印不断塑造未来

1、基本概念

3D 打印技术的推动因素包括不断壮大的制造业材料库，制造复杂几何物品（如发动机部件）的能力，减少制造产品所需的部件数量，简化工作流程等等。3D 打印将颠覆传统制造工艺，近期金属 3D 打印能力突飞猛进的发展更加强了这种趋势。但是现在以及可预见的未来，经济与行业的发展还不足以令 3D 打印大规模替代传统的流水线，也不足以使所有生产制造都转为本地化。

2、生产应用

3D 打印正越来越多的应用于工业领域，在改善产品方面发挥着巨大作用，同时价值链也呈现出越来越明显的互联、简化、自动化与去中心化趋势。3D 打印最适用于定制化和对上市时间要求紧迫的行业，特别是产量低、价值高的部件。应用领域正从快速制造原型机发展至特定产品的大规模制造，并向模具、制样、维修和维护等多种应用扩展。消费产品和汽车行业、医疗行业、航天行业引领着 3D 打印技术的应用。未来 2-5 年，3D 打印有望与更多技术相结合，从而应用于更多的专业领域。

3、全面技术应用面临的障碍

3D 扫描和侵犯版权将是重大威胁，需要制定防止侵犯知识产权的相关法律法规；成本与产品设计方面的障碍制约了 3D 打印对循环经济与可持续经济的贡献；标准混乱，必须制定质量控制标准、可靠性与精确度的衡量与检测标准等；劳动力技能不足，

需要培养精通数字设计、打印机操作和维护的专业化队伍。

三、未来的技术与制造业融合：创造价值的新机遇

（一）对工厂的价值

未来的工厂将采用更多数字化、虚拟化和物联网等技术，资源利用效率将会更高，呈现三个突出特点：一是联网、自动化和灵活的数字化车间流程。人工智能技术、联网技术、虚拟现实技术和数据计算等将用于规划、模拟和优化整个制造业研发和生产流程，远程制造和其他活动能够使价值链的每个步骤实现无缝整合。数据显示，技术进步能够在运营中整合物联网和分析工具，能源消耗降低 20-30%，生产准备时间减少 20-50%。二是操作员和机器之间的全新关系。机器人、增强现实和可穿戴设备逐渐替代人的很多工作，同时技术将有助于大幅提升生产效率，激发劳动力人群的潜力。三是工厂的结构、位置与规模也会发生变化。未来的工厂将拥有超高效率和可持续性，越来越多的采用模块化设计，能够轻松重新配置并实现多批次制造的可交换生产线。同时，工厂将更加本地化、更节能、排放更少。然而，未来工厂制造模式不可能一蹴而就，还需要克服诸多实质障碍。

（二）对企业的价值

技术对企业的价值影响，体现在降低运营成本、业务模式转变、公司战略改变等方面。一是智能创新与工程设计。数字产品

生命周期管理技术以及 3D 打印技术等将改变传统的研发、产品理念与设计、产品工程设计与供应链管理，以及市场营销和售后服务的顺序流程，能够实现高速的多方向数据流，进而创造了一种可迭代且灵活高效的产品开发模式。比如，通用电器运用名为 FastWorks 的精益产品开发方法，借助 18-24 个月来的客户反馈，只需 10 次迭代就能设计出一款全新冰箱，而过去产品迭代一次需 5 年；二是供应链的数字化协作。大规模制造商的规模本身就是一种优势，能够带来十分可观的规模效益，但却会受到数据孤岛、协调成本和价值链低效率协作等方面的阻碍。数字化技术通过加强价值链各参与方之间的同步度、透明度和信任度，充分实现协同生产价值；三是智能与定制产品。物联网、分析工具、人工智能和 3D 打印等技术将使产品更加智能化、定制化，满足更丰富的客户需求与用户体验，从而给经济带来巨大影响。预测显示，到 2030 年，个性化产品将占消费支出的 50% 以上，而智能产品种类也将从电子和娱乐行业扩展至交通运输、住房、医疗保健和食品等领域；四是商业模式的创新。智能与定制产品有望彻底改变商业模式，从提供产品到提供产品服务转变，极大的扩展整个价值链。相关研究显示，全新商业模式将为企业贡献 25% 的营业收入，并使相关行业收入提高达 25%。

（三）对行业的价值

制造业技术的全新整合将给产业价值链带来深远影响，为各行各业带来全新的价值，如带来新的创收渠道、改变参与方之间的关系、催生全新的商业模式等。首先是需求驱动价值：全新的商业模式。实现联网与定制产品和服务的基础技术将彻底改变所有行业创造与获取价值的固有模式（供货商为特定行业提供产品与服务），传统价值链将发生彻底改变，众多领域将相互融合，为客户创造全新的服务与价值。其次是供应驱动价值：更高的生产力与效率。制造技术的互相融合将使制造商大幅提高生产流程的效率。比如，制药行业正在摒弃过时的批量制造模式，转而采用持续制造模式。这种模式在本质上就是持续不间断的制药流程，而不是传统的逐步制造。技术将有助于推动大众制造，令中小型制造商获得前所未有的工艺和技术。新型硬件与软件工具也能够简化创意转化为实体产品的流程。再则是用户的体验价值：增长与效率。信息不对称以及供需失衡，使传统价值链要在制造商和消费者之间经过多道中介，这些中介有助于市场需求的双向流动，使产品和服务更顺畅的流向终端客户。价值链中的中间商愿意承担哪些风险，决定了客户会有哪些选择。互联网等技术的运用，将使得以亚马逊为代表的大型平台大幅降低从产品到客户所需的交易成本。还能减少传统价值链中的无效交易成本以及信息不对称现象，以更低的成本为客户提供更多产品选择，同时能

让制造商获得更大的市场和更高的利润。

（四）对社会的价值

可持续性是全球经济的基础，目前，制造与消费已达地球自然容量的 1.5 倍之多，这显然与可持续性背道而驰。随着全球资源压力不断增强，减排压力也将不断增强，这将进一步凸显技术的巨大作用。但是，技术进步同样会导致巨大的环境成本。比如，堆积如山的电子垃圾将严重威胁人类健康和环境，而数据中心越来越高的耗能也在增加污染与排放。技术能从超高效率、减少物质消耗及减少排放等方面推动可持续性生产。更高效的资源利用率，宏观来看，从中等科技行业过渡至高科技行业的结构转型有助于减少环境污染。传感器、数据、算法技术和先进机械以及其他数字工具，将大大减少全球生产系统的物质消耗。比如，3D 打印有望使制造业摆脱对材料的过度依赖，加速实现可持续的新型生产。到 2025 年，3D 打印将减少 1700 亿美元至 5930 亿美元的制造成本，同时减少 2.54 - 9.30 艾焦耳的能源消耗，并减少 130.5 和 525.5 公吨的二氧化碳排放量。数据区间之所以如此巨大，主要是因为技术仍然不够成熟，预测市场发展存在相关的不确定性。需要注意的是，技术虽然能够带来许多积极影响，但却不一定总能沿着可持续的道路前进。主流可持续技术应用的相关知识在全球经济中得到广泛推广，不仅需要强大的公共政策来推广新

技术，还需要延伸服务、产业集群、衡量标准、生产力标准、技术信息服务和质量控制机制等基础配套。同时，技术并不是实现可持续发展的灵丹妙药，必须全面评估相关影响，确保“共享价值”能带来积极效果。

（五）对个人的价值

全球生产体系正迎来新一轮的技术进步与创新热潮，新一代的劳动者和工作环境也正在崭露头角。当前，各行业、职业、工作岗位与任务类别都在经历“替代——创造”的此消彼长。机器人和工厂越来越智能，逐渐取代了人类的固有工作，这将给就业和经济带来影响。一是替代趋势：工厂中使用的新技术越来越多，人工越来越少。二是创造趋势：技术将使制造商实现定制化、加强服务与全新商业模式的方式，推动增长和就业。未来，技术替代和创造的工作岗位孰多孰少，将使得工厂的工作性质发生转变。实体与数字世界的融合，将加速工作性质的转变，未来的操作人员将面对一系列的全新技术和工具，在不同组织架构下执行不同任务，这需要完全不同的技能。各种技术能力将呈现出 T 型结构，需要更多的跨专业能力，而非专业化能力。为成功适应第四次工业革命的全新模式，推动社会的可持续发展，制造企业必须为劳动者提供培训和发展计划，配合实施技术转变，成熟的劳动者配备全新的工具和技能，延长人类操作员的职业生涯。

四、未来技术的影响及下一步行动计划

（一）新技术可能加剧企业和国家发展不平衡

在当前制造业价值链中，并非所有企业和国家都能够享受这些技术所带来的价值，有些甚至会受其所困。首先，过度依赖劳动力的落后制造商和经济体最容易受到技术带来的不利影响。主要体现在，技术使生产效率提高的企业获得更多的稀缺资源，同时实现了更具竞争力的生产方式，使得高度依赖劳动力的经济体将越发丧失竞争力。其次，许多国家将面临帮助中小制造企业获得技术价值的难题。表现在，这些国家无力使劳动力获得新技术或者没有实施消除负面影响的有效机制，都有可能阻碍该国中小制造企业获得技术价值。最后，技术将加剧不公。鉴于只有在资本密集型企业、运输成本高、且必须靠近消费者的行业才有望出现产业回流，生产第一线的白领和蓝领工人必然将承受技术带来的不公平等负面影响。

（二）挖掘本国利用新技术创造价值的潜力

推动全球生产力实现包容性增长的许多技术都具有潜力巨大，而能否完全挖掘其价值，主要取决于企业和政府的努力。一是能否提升技术的成熟度。二是能否促进包容性技术的推广与应用。三是能否培育掌握必要技能的劳动力。四是能否提供相应的

基础设施。五是能否充分应对数据管理和网络安全等问题。为此，一些国家已经开始行动，比如，《国家先进制造战略计划》、《德国工业 4.0》、《英国高价值制造振兴计划》、《中国制造 2025》、《未来工厂计划》和《印度制造计划》等国家战略。各工业巨头也逐渐在产业平台上展开激烈角逐，希望依靠各自的制造规模赚取更多价值。

（三）生产者应尽快运用新技术推动企业转型

技术正在改变制造商的运营、商业模式和文化，并迫使制造商继续投资于新技术。新技术可以使制造商更快速的投放产品、提高效率和生产力、实现产品差异化、生产更好的产品。推广应用新技术是大势所趋，大多数大型制造商都已启动了试点项目，以创造更多价值。制造商对新技术的吸纳速度是决定其能否成功的关键所在。制造商想要充分利用技术带来的优势，则必须评估技术与产业整合程度、应用速度和组织调整。若要迅速推动制造与运营的数字化转型，则要开展实验，并为规模化扩展创造条件。一是开展典型试验；二是加强团队沟通，调动团队热情，提高团队意识；三是寻求先进的外部资源；四是打造协作网络；五是升级运营和信息技术与系统。

（四）政府需要在促进制造中找准新定位

技术给全球制造系统带来了巨大的经济与社会变化。政府需

要建立能够推动创新的全面监管与政策框架，涵盖研究、技术、创新、教育、劳动、产业和贸易战略，并与企业、社会团体开展跨行业和跨技术的合作。一是重视研发与创新，提升技术成熟度。政府、创新者和企业管理人员等社会各界都要参与技术研发和创新决策，并鼓励通过讨论和对话来协调行动和共同投资，推动技术在生产中的应用。二是大力普及生产知识。生产知识（原理、技术和工具）来源渠道众多，使得众多的制造商、企业家和中小型企业对此了解十分有限，给中小型企业实现规模化生产带来巨大障碍，各国政府应采取措施推动生产信息的相互协调和普及。三是通过教育、技能培训等手段促进制造业就业。全球制造业面临着严重的人才短缺。政府和企业应创新合作模式，应对基础教育问题，推行学徒制、实习制、高等教育及劳动力再培训和技能提升计划。四是鼓励公私合作，推动企业创建、创新和增长。面对全球竞争与国家壁垒挑战，各国除营造宽松商业环境外，政府和企业还应加强创新合作，鼓励本土企业的发展；借助国家政策及政府采购，推动生产企业优势互补，展开合作。

（五）倡议更多国际交流与合作形成全球发展愿景

未来的制造业体系为政府、公司和社会提出了重要的问题，需要全球各界开展广泛对话来塑造一种以包容性和可持续的方式促进经济增长和创新的愿景。全球领袖层面，必须全面探

索与全球经济增长、技术创新、国家竞争力、劳动力就业以及可持续性相关的各种可能性。创新项目方面，需重点关注能够重塑生产方式的各项技术，并评估技术带来的影响，形成新颖独到的见解和工具，帮助政府和企业更好地了解技术推动下的转型。未来技术前瞻方面，需要人们确定能够推动创新与可持续发展的重要生产技术的投资方向和研究领域，研究技术对“未来工厂”的影响，探索互操作性、网络安全和全新商业模式等制造业的基础理念（如工业制造平台），并探索能够惠及中小型企业的技术推广途径。

译自：*Technology and Innovation for the Future of Production: Accelerating Value Creation, March 2017 by World Economic Forum*

咨询翘楚在这里汇聚

信息化研究中心

电子信息产业研究所

软件产业研究所

网络空间研究所

无线电管理研究所

互联网研究所

集成电路研究所

工业化研究中心

工业经济研究所

工业科技研究所

装备工业研究所

消费品工业研究所

原材料工业研究所

工业节能与环保研究所

规划研究所

产业政策研究所

军民结合研究所

中小企业研究所

政策法规研究所

世界工业研究所

安全产业研究所

编辑部：赛迪工业和信息化研究院

通讯地址：北京市海淀区万寿路27号院8号楼12层

邮政编码：100846

联系人：刘颖 董凯

联系电话：010-68200552 13701304215

010-68207922 13910685050

传真：0086-10-68209616

网址：www.ccidwise.com

电子邮件：liuying@ccidthinktank.com

报：部领导

**送：部机关各司局，各地方工业和信息化主管部门，
相关部门及研究单位，相关行业协会**

编辑部：工业和信息化部赛迪研究院

通讯地址：北京市海淀区紫竹院路 66 号赛迪大厦 15 层国际合作处

邮政编码：100048

联系人：韩宇雪

联系电话：（010）88559543 18610215602

传 真：（010）88558833

网 址：www.ccidgroup.com

电子邮件：hanyx@ccidgroup.com

