

技术融合：价值创造的新机遇

■文 / 科尔尼公司

世界经济论坛和科尔尼咨询公司就制造业的未来开展了为期一年多的定性与定量调研。调研涵盖 90 多场访谈和涉及 10 几个行业的高层问卷调查，以及 300 多次与商业和政府高官的会谈。研究报告还启用了全球顶级制造业与劳动力数据库，包括科尔尼开发的覆盖 30 个国家、20 个行业的 2000 多家工厂的绩效数据。研究发现，数项新技术正在塑造制造产业，未来几年内五大技术引领前沿：物联网、人工智能、先进机器人、可穿戴设备和 3D 打印技术。真正的变革力量来自于这几项技术的相互融合。理解和早日策划它们的融合将成为释放制造业价值体系的关键因素。本文是报告的节选。

本报告探讨的重点不是单项技术，而是技术融合对全球制造体系的冲击：从对工厂车间和具体企业的影响，到对产业、社会以及个人的影响。我们从技术在解决广泛社会问题和提议企业及政府采取行动方向的能力等角度分析，反映技术融合对制造业的增长、创新包容性和可持续性的影响（图 1）。

图 1 技术融合的价值维度

趣味性	对个人的影响 如何改变我的生活？
自我超越	
自我实现	
带来希望	
便利性	
满足基本需求	
激励性	对社会的影响 为社会带来什么价值？
可持续发展	
经济增长	
包容性	
创造就业	

改善市场准入	对产业的影响 如何改变产业状况， 如何颠覆全球价值链？
整合	
把饼做大	
连接	
组织	对企业的影响 对公司运营、产品组合和业务模式产生怎样的影响？
优化产品与服务	
降低风险	
扩大业务	
提高利润率	
创新	
新的业务模式	

安全	对生产现场的影响 对生产运营产生怎样的影响？
省时	
提高质量	
健康	
简化运营	
降低成本	
环境	
减少工作量	
来源：科尔尼；科尔尼 / 世界经济论坛研讨会（2016 年 11 月）；专家访谈。	

下面将从生产现场、企业、产业、社会和个人这五个维度探讨技术如何融合并创造价值，并提出关键见解。

短期内，新的生产技术将与传统技术配合使用，作为传统技术的补充和提升。颠覆性技术将带来传统生产体系无法实现的独特优势，如：大规模定制；建立新的能力，包括减少固定资本投入、缩短生产周期、提高生产速度；供应链简化与整合；减少废物等。虽然很多行业会在一些特定业务场景中应用这些技术，但是只有在以这些维度为关键成功因素的场景中技术才能发挥更大的作用。

在这五大技术的共同影响下，新的机遇将出现，并从 13 个重要方面改变持续了几十年的价值创造与分配机制（图 2）。

对生产现场来说：技术将为价值创造提供直接的机会，实现未来工厂的超高效率和灵活性。技术融合可提升总体效率，使总成本下降高达 30%，主要体现在总体运营效率提升 10%、库存持有成本下降 20—30%、消费品包装成本下降 25%、安全事故率下降 25%、能源消耗率下降 20—

图 2 技术融合所创造的价值				
技术				
物联网	先进分析法和人工智能	AR/VR 可穿戴设备	先进机器人	3D 打印
价值驱动因素				挑战
个人 社会 产业 企业 生产现场	新技能	技术增强型工人		技术准备度 安全 标准 互操作性 数据管理 变革管理 能力发展 文化
	加快可持续生产			
	智能流程	智能创新与工程 供应链的数字化 编排 智能化和定制的产品 新的业务模式	生产力与效率	
	人机协作生产力		新增长与新价值	
	智能化结构、地点 和规模		数字化体验	
来源：科尔尼；科尔尼 / 世界经济论坛研讨会（2016 年 11 月）；专家访谈。				

30%、水消耗率减少 40%。此外，技术融合可使工厂缩短生产周期，将“多批量合一”，用当前大规模生产的价格生产高质量的单件产品。物联网、分析法、可穿戴设备和 3D 打印技术的融合可使工厂产品开发和生产周期压缩 20%—50%，对外部事件和供应链及消费者需求变化作出快速响应。

我们的关键问题包括：生产现场将以怎样的速度发生变化？这些变化如何延伸至整个制造网络？企业高管和全球政策制定者须密切关注哪些颠覆性影响？要实现这一愿景，制造商的战略和投资必须以未来工厂为核心，升级遗留装置，培养员工从事技术型生产工作所必需的新技能，投资改造落后的 IT 基础设施。

对企业来说：技术可通过增强四个方面的能力推动价值的创造，包括智能创新与工程、供应链的数字化编排、智能化和定制化产品、业务模式创新。智能化产品和定制化产品的经济影响是巨大的，因为未来消费者在

个性化产品服务（物质产品和数字化产品）上的支出将成为主流，到 2030 年，将达到消费者总体支出的 50% 以上。新型智能产品、联网产品和定制化产品的销售以及全新业务模式的创新（如绩效付薪制度）可使企业收入和相邻产业收入增加 25%。垂直整合为原始设备制造商创造的价值已经下降到 20% 左右，此时，数字化技术为供应链同步和风险降低提供了新的机遇。企业需要调整其战略和领导理念，接受全新的数字化思维模式，做好准备应对技术融合为公司所带来的新的网络风险。

对产业来说：虽然汽车、化工、制药和消费品这四个行业的具体情况不同，但是技术将为它们带来三个方面的价值：在需求端，这些制造行业会“把饼做大”，创造新的价值和利润池；在供应端，技术可以释放整个行业的效率和生产力；最后，技术融合能够带来新的体验和价值定位，实现增长，提高效率。



未来四年，基于数据驱动的流程可精简供应链，创造工业净值 3710 亿美元。技术能够降低资金成本、提高灵活性，从而改变生产现场的经济方程式，将工厂迁至靠近需求的地方。在很多情况下，技术将引领“参与规则”的巨大变化，打破传统垂直行业多年来的平衡。对于传统供应链而言也是如此，当传统供应链中的若干垂直产业相互融合，为消费者提供新的服务并创造新的价值，此时中间机构会发现自己受到了新进入者的威胁，因为他们的交易成本更低，并且提供新的价值。

对整个社会来说：有关技术对经济增长、就业和财富分配的影响存在强烈争议。乐观主义者的论据是推动前三次工业革命的技术大幅度提高了生产力，使亿万人脱离贫困。而反对者对此作出快速反击，认为目前以指数级速度发展的技术融合可能带来企业和政府无法承受的颠覆性影响。目前有关技术进步最热门的话题之一就是它对环境的巨大潜在影响。据估计从 2016 到 2025 年，技术进步除加快可持续生产外，还将减少二氧化碳排放 263 亿吨。到 2025 年，这部分减少的二氧化碳排放将占全球总排放量的 8.5%。

对个人来说：全球制造体系迎来了新一轮的技术进步与创新浪潮，新一代的生产劳动力和新的工作环境即将随之出现。虽然自动化技术正逐渐代替生产现场人工劳动力，但是也不断创造有不同技能需求的新型工作岗位。未来对生产工人的机械技能要求将降低，但对他们在 IT 和数据科学方面的技术能力以及终身学习和再培训的能力要求将有所提高。未来技术能力需求将成 T 型（广泛的常识和狭

窄的专业知识），需要跨学科技能，而不是专业技能。分析师、工程师和程序员需要全面考虑业务模式、生产流程、机械技术和数据相关程序。技术将重塑人与机器的关系，推动技术增强型工人 4.0（Operator 4.0，即智能、熟练的工人与机器人协作作业）的发展，实现机器辅助和先进人机交互技术辅助作业，从而提高工人技能和工资，改善工作环境。

一、对生产现场的影响——超高效、灵活的未来工厂

有人认为工厂是就业和社区繁荣的源泉，也有人认为工厂脏乱，污染环境，虽然提供大量就业，但都是低技能的生产线岗位。

未来工厂的数字化、虚拟化水平和资源效率更高。未来工厂所处的环境互联水平更高（从信息可用性和机器之间的对话及指导能力来看），自动化技术、模拟技术、可视化和分析技术的应用也更为广泛，可以消除浪费，提高原料生产效率、减少能源消耗、减少精力和时间投入。未来工厂有三个特别的共性。

1. 互联、自动化且灵活的数字化车间流程

物联网与分析技术和 AI 相结合可以提高资产效率、减少停机时间和计划外维护时间，让制造商发现服务价值的新来源。通过运用数字双胞胎、模拟技术和虚拟现实技术，设计人员和操作工人将能够真正驾驭交互式媒体，从而优化设计、生产流程和物料流动。3D 打印可用于开发激动人心的新产品，拥有巨大的潜力创造新的产品设计和功能，同时扩大定制化规模。未来，我们或许可以看到更多行业的大型“多批量合一”，使传统生产和

装配线成为历史。

虽然在 2030 年之前第四次工业革命不会完全改变生产模式，但是会影响生产现场层面的所有价值驱动因素，从客户满意度、质量、创新水平和敏捷性的提高，到经济效益和价值的增加，如图 3 所示。技术的进步将使能源消耗减少 20—30%，而物联网和分析技术在运营中的整合可使生产周期缩短 20—50%。随着透明度的增加，制造与产品设计可以更快地响应外部事件、供应链变化和消费者需求变化。多种技术的融合可以使工厂成本降低 5%—30%，具体取决于行业和生产类型、地理位置和所采用技术的成熟度，其中主要的价值驱动因素包括质量、库存、资产利用率、员工生产力和维护。

数字化工具将通过 VR 技术和数据计算规划、模拟和优化整个产品开发与生产流程。工厂将“推倒围墙”，因为远程程序和其他活动已经无缝式整合到价值链的各个环节，直达终端用户。

2. 全新的人机关系

技术不断改变劳动特性和对人工的技能要求。机器人实现了大多数单调、脏秽和危险工作的自动化。随着机器人协作能力的改善，可以考虑把机器人从“笼子里”放出来，与人类一起工作。增强现实和可穿戴设备也在不断改变生产现场工人培训、装配和决策的方式，增加了灵活性，提高了生产力与质量。

数据是工厂革命的核心，因为产品设计、工厂协调和流程优化等环节所需的人工干预越来越少。总体来说，技术在生产中的比例将不断增加，而人工的占比则逐渐减少。虽然总体人工数量下降，但是在很多方面，使用

图 3 超高效、灵活的未来工厂的特征

智能供应链 高效的供应商网络，支持决策优化	数字 – 实体相结合的体系 先进机器人和 3D 打印技术作为生产体系的补充
物联网支持 过程中的集成传感器连续传送数据	先进材料 纳米技术和新材料广泛应用
AI 技术 采用自带引擎开展实时分析，据此作出决策	智能产品 产品携带信息进行自我生产
流动的劳动力 工作人员使用 AR/VR 等可穿戴技术	智能产品 客户通过流程链互动
来源：科尔尼。	

人工仍然是划算的，因为技术大幅提高了人类劳动者的生产力。在人口老龄化的发达市场和需要提升劳动者技能的低成本市场，技术有助于快速提升生产力，发掘并利用未开发的劳动力资源。

3. 工厂的结构、地理位置和规模

未来工厂将具备超高效率、可持续发展 and 模块化日益增强等特点，使用可互换的生产线，使多批量生产中的重新配置更加简单。数字化生产技术可为软件开发人员、产品设计人员和生产技术人员打造开放、通风的工作环境。技术可以省却低成本劳动力，降低规模经济的门槛，因此分布式制造将成为常态。制造商可以在靠近消费市场的地方建立小型、灵活的装置，扩大传统生产足迹，提高供应链响应速度，满足本地需求。这些更加本土化、能效更高、浪费更少的工厂将推动循环经济的进步。

制造模式在某种程度上已经开始向全循环、类似手工艺和家庭生产的方向转变。然而，数字化的发展是曲折的，带来的变化可能有所不同，而且速度也不一样。要将这种制造模式扩展到几个小众领域以外，需要克

服一些重大障碍。低成本、高效益的生产需要昂贵的专门和专业设备，而现有生产生态系统的优势限制了分布式全球生产网络的生产灵活性和可行性，特别是目前最后一公里的运输成本仍然非常高。

虽然这些一般趋势似乎都有可能，但是未来工厂不会遵循单一的模式。第一次工业革命出现的大规模生产设备模式，或第三次工业革命催生的复杂、多层次供应链仍有可能在某些工业领域盛行。部分地区可能出现较快的变化，或者不同于其他地区的变化，因为不同的行业、不同国家（发展中国家和发达国家）都有自己独特的路径。此外，制造商需要重新思考资本投入战略，因为技术能力的快速变化将使历史投资视角不再适用。最后，技术的进步将大幅改善数字化基础设施，使其更加经济实惠，增加人机合作，推动生产体系内部和与外界的实时沟通与整合。

要实现超高效率的敏捷工厂，制造商必须考虑技术对就业方向的影响，提出所需的技能和基础设施，消除以规模效益为核心、基于低成本人工的就业，在各区域市场中心建立高

技能工作岗位。在这方面，政策制定者应起到带头作用，与企业、学术机构和社会团体通力合作，为社区做好准备，确保其在此过程中能够繁荣发展。前几次工业革命都历时数代人，但是第四次工业革命的发展进程更快，企业想要不被淘汰，就必须做出快速的响应。

二、对企业的影响

新技术除对生产现场有重要影响外，还从四个方面影响企业价值创造，包括智能创新与工程、供应链的数字化编排、智能化和定制化的产品与服务、业务模式创新。技术发展对企业的影响可分为三个阶段：第一阶段，通过技术降低工厂和供应链的运营成本，但仍然采用现有的业务模式；第二阶段，发展新的业务模式，主要受产品向服务转变的趋势、生态系统以及制造商与消费者之间长期关系的推动；第三阶段，企业需要调整其战略和领导理念，接受新的数字化思维模式，做好准备适应新的选择（如全球化的生产足迹、投资），应对技术融合为企业带来的风险（即网络风险）。

1. 智能创新与工程

技术的发展让制造商从制造设计转变为速度与性能设计。传统的产品开发遵循有序的流程，从研发、产品概念与设计、产品工程和供应链管理，到市场营销和售后服务。而数字化的产品生命周期管理技术与 3D 打印技术的进步实现了快速、多方向的数据流动，创建了迭代、敏捷的产品开发模式，缩短了产品开发周期和市场需求变化响应时间，提高了产品质量。例如，GE Appliances 通过一个叫做 FastWorks 的精益、敏捷的产品开发方法开发了一款冰箱，在 18—24 个

月内迭代十次，并收到了积极的消费者反馈。传统的产品开发五年内才能迭代一次，成本明显更高。

要想充分发挥设计和个性化的自主权，工程师必须创建符合运营体系的产品，加入更多信息系统元素。产品价值更多将来自产品的数字化元素，而不是其物质元素。创新与工程部门需要加大对电子硬件、传感器、连接组件及人才与技能的投入。

2. 供应链的数字化编排

大型制造商的优点是可实现规模效益，但是其较大的规模会导致孤岛现象、协调成本增加和供应链编排效率低下等问题，因此也是一种阻碍。所以大型企业的敏捷性往往较差，也从未真正实现规模优势（原因包括延迟、关键时刻决策信息错误、信息孤岛等）。此外，近年来很多制造商将大量业务外包，将成本和复杂性转移到公司外部。

以德国汽车行业为例，垂直整合为原始设备制造商创造的附加值已经下降到 20% 左右。随着数字化的发展和交易成本的下降，这一比例在不久的将来还将继续下降至 10%—15%。结果，制造商需要管理和协调更为复杂的供应链。

技术融合将为大型企业带来释放协同效应、大规模提高敏捷性的新方法。这一点可以通过提高同步性、透明性和价值链参与者的信任度实现，主要围绕以下几个维度。

更加智能的见解与协作：人工智能和智能算法可使管理层作出更加实时、更快且有数据依据的决策。例如，通过数字双胞胎工具企业可以在决策前实时模拟行动方案、探索复杂的交易，监测反馈结果（如资本项目数字双胞胎、模拟采购决策）。

技能的经济性：见解和知识往往是隐性的，当员工离开公司或当业务单元重组时就会丢失。分析技术、人工智能和 AR 等技术的进步可以帮助加强新员工培训（如车间、联络中心、规划职能），通过最佳实践的嵌入提升员工能力。

所以，数字化技术能帮助企业实现真正的规模效应，同时提高敏捷性，而传统意义上的规模和敏捷性平衡变得无足轻重。企业必须接受这一结构化和最终文化上的转变方能制胜，能够充分释放智能编排潜力和效率的制造商才能改变传统的成本 / 优化曲线。事实上，采用传统上的“渐进式优化”可实现单位数的成本削减（2—8%），

而采用数字化技术可削减成本 10—30%，对全球价值链效率产生总价上万亿美元的影响。

3. 智能化和定制化的产品

生产技术的融合将打开通往长期经营目标的大门，即大规模定制化。以前，企业经济学认为生产成本和产量高度相关。

定制化曾经意味着量的减少，因此价格会有大幅提高。这种情况现在出现了转变。物联网、分析技术、人工智能和 3D 打印技术为制造商提供了新的能力，让它们可以创造智能化、互联的个性化产品，丰富客户和用户体验。

智能化和定制化的产品与服务将有两种不同的形式：一种是物理上的个性化，即通过技术创造独特的形式、配置和功能；另一种是智能个性化，即通过传感器和互联性创建独特的数字化产品与服务。在制药行业，3D 打印机可以针对病人的身体状况和遗传密码生产特定剂量的药物。在其他领域，产品定制化将通过商品的可配置性实现。智能纤维正逐渐改变纺织业，可逐渐根据使用者的需求为服装配置功能。谷歌和李维斯联合开展 Jacquard 项目，在纤维和衣物的表面增加交互功能。该项目的目的是大规模生产互联服装，促进消费者与环境的互动。客户花钱购买个性化产品的意愿很高，带动了制造商利润率的增长。

智能化和定制化产品的经济影响是巨大的，因为未来消费者支出将以个性化产品与服务为主（物理个性化和数字个性化）。到 2030 年，定制化产品和服务的支出将超过消费者总支出的 50% 以上，因为智能产品的范畴将从电子产品和娱乐扩大到汽车 /



运输、居家、医疗服务甚至食品等领域。

4. 业务模式创新

对很多制造商来说，智能化和定制化产品的出现提供了业务模式转型的机会和将产品作为服务销售的机会。一旦这样的产品销售出去，设计和生产当前规格以外的定制化产品的能力将逐渐开辟一系列新的相关服务。这是价值链在维护、升级和其他传统服务以外的一种延伸。例如，汽车行业已经开始接受互联技术和自动化技术。如瑞典汽车制造商沃尔沃和美国运输服务商 Uber 在旧金山联合推出了一项自动驾驶汽车服务。这一合作有可能改变消费者与汽车的关系，包括车内娱乐和汽车共享市场。

再比如，美国重型设备制造商卡特彼勒使用可穿戴设备和物联网相结合的方式提升客户租赁体验。卡特彼勒为设备租赁者提供可穿戴设备，让技能水平较低的员工也能够进行维护。可穿戴的视频和通讯技术可用于复杂情况下特定问题的诊断。卡特彼勒专家可以为客户现场员工提供远程帮助。这些增强现实应用越来越多由第三方开发，为售后价值链增加了新的角色，突出了一个可实现制造商、服务供应商和客户之间互动的蓬勃生产创新生态系统的重要性。

新型智能化、互联化和定制化产品的销售、全新的业务模式（如按绩效付薪）可使公司总体收入提升 25%，使相邻产业收入提升 25%。

三、对产业的影响

技术融合对工厂和企业带来新的价值创造来源，不仅限于行业内的价值创造，还包括跨行业的价值创造（图 4）。新生产技术的融合将对产业价

图 4 推动各行业价值创造的技术因素			
汽车	化工	制药	消费品
车载信息娱乐系统	Molecules Plus 服务	个体化用药	数据作为一种资产
电子召车 / 出行服务	成果导向型服务	成果导向型服务	数据用于改善体验
UBI 车险	清洁技术增长（如电池）	智能可穿戴设备	
多式联运		数字医学——“芯片药片”	
车载通讯服务			
增材制造	过程自动化系统	连续型生产	实体店转型
数字化零售 / 线上经销商	数字化供应链	数字化的分子发现	电子商务
数字化供应链	数字双胞胎 / 远程操作	过程自动化系统	共享经济
数字化产品开发	增材制造 / 合成	药品 3D 打印	智能供应链
数字化后市场服务	终端市场数字化	虚拟护理体验	智能工厂
自动驾驶	绿色化学支持	移动健康解决方案	超个性化
辅助驾驶		三维组织培养	从产品转向服务和体验
车辆诊断与维护		药品防伪	保健产品与服务
技术推动的增长（收入） 技术带来的生产力和效率（利润） 体验（增长与效率）			
来源：世界经济论坛（产业的数字化转型）；科尔尼；专家访谈；埃森哲。			

值链造成深远的影响，例如创造新的收入机会、改变成本驱动因素、改变价值链参与者之间的关系属性、加深对客户细分的理解，或生成新的业务模式。

以下洞察由世界经济论坛根据新的价值链经济模型和现有的机制模型提出，目的是诠释技术融合如何创造新的价值以及如何影响汽车、化工、制药和消费品行业价值分配。2017 年，世界经济论坛将与利益相关方一起探

索技术融合对更多产业的影响，并利用洞察分析相关价值链内的代表性产品与服务。这样做的目的是描绘 2015 年发达国家和发展中国家经济体是如何创造与分配价值，同时探索在 2030 年之前渐进式情境和颠覆性情境下技术如何改变未来前景。

1. 推动价值创造的需求因素——增长和新业务模式

支撑互联和个性化产品与服务网络的技术正在从根本上改变各垂直行



业（在这些行业，供应商为特定行业提供产品与服务）的价值创造和价值捕获模式。在很多情况下，技术将引领“参与规则”的巨大变化，打破传统垂直行业多年来的平衡。一旦若干垂直行业开始融合，为客户提供新的服务和价值，传统的价值链将会被打破。联网汽车与出行服务的崛起带来了多个垂直行业的价值整合与共享，包括汽车、电信和出行服务供应商。

以汽车业为例，主动安全系统使转型成为必然，即从传统的基于规则的嵌入式控制系统转为可以扫描和监测环境并能够采取半自动操作防止碰撞和最大程度减少人为失误的系统。随着自主性的增加，先进传感器、人工智能算法以及车与车互联将使自动驾驶汽车具备感应周围环境的能力。

汽车业正快速向这一未来趋势发展，通过汽车软件特性和功能的不断升级逐渐为客户创造更大的价值。特斯拉正在开发全新的产业模式，利用无线（用无线技术向产品提供新的软件或数据更新）升级和频繁的车辆软件更新推送新的功能和特性。智能互联产品在各行业迅猛发展，包括医疗和家电。然而，在多种设备充斥的环境中，在互操作性标准建立和实施之前，价值创造的增加仍然受到限制。

个性化用药和创新药品交付系

统的持续转型将颠覆制药行业的未来。为应对大家持续关注的医疗成本问题，政府和保险机构计划控制支出，同时保障成果的实现。这引发了向数字化解决方案转型的浪潮（药品以外），这些解决方案通过传感器监测患者在服药期间和就诊时的身体状况，据此来补充用药，实现必要之时的预警和干预。数字化发展将为严格遵守处方治疗奠定基础。可根据数据调整治疗方案和用药量的数字化发药装置目前正在临床试验中。

2. 推动价值创造的供应因素——生产力和效率提升

生产技术的融合将大幅提高制造商各环节的生产效率。制药业生产正从离散模式转向持续模式。从本质上来说，未来药品将通过不间断的流程生产，这不同于目前一步步的生产方法。这一转型的实现依靠的是先进自动化和传感器技术的创新。根据诺华制药与 MIT 制造研究中心预测，持续性生产技术将节约运营成本 30%，每个工厂的投资最多将节省 1.5 亿美元，这是因为产量相当的情况下所需的设备规模更小了。

大众化的生产。交易成本的下降使竞争更为公平，大幅降低了准入门槛，让地方和区域制造商能够在全

非常关键。技术可促进大众化生产的实现，让中小型制造商获得以前无法得到的工艺与技术。新的硬件和软件工具使创意到功能原型的转化更加容易。桌面级 3D 打印机是这一趋势的开始，但是创新型软件和整合工具进步一步简化了复杂零件的制作方式。分布式制造的出现和其靠近消费者的重要特性为中小企业通过最后一公里定制化或重新定义业务模式来创造价值提供了机会。

在制药行业，3D 打印的首例药品左乙拉西坦（Spritam，用于治疗癫痫）于 2015 年获得美国食品药品监督管理局的批准。整个医药价值链可能会出现全面转型，未来可能采用 3D 打印技术生产特定药品。在牙科，下颌复制品和种植牙已经用于常规手术，颠覆了种植牙价值链。很多制药公司开始大力投资发展人工智能，重点研究基因组，使用数字模拟加快药品发现与研究进程。

3. 体验（增长与效率）

信息不对称和供需实时协调的缺失造就了典型价值链中间机构存在的必要性。在这种供应链中，制造商和消费者之间还需要多个中间机构，如批发商、经销商和零售商。这些中间机构促成了市场需求和信号在价值链上的双向流动，以及商品与服务向终端消费者的流动。在价值链的各个环节，当资金涉及库存和中间机构运营成本的时候，信息不对称性就会出来。到终端消费者环节的最终成本包括价值链所有中间机构的递增利润池、库存和陈旧废料占用的资金成本等。此外，消费者的选择也受到价值链上中间机构风险承担意愿的限制。

基于平台的价值链。亚马逊等平台体现了去中介化的趋势。去中介化

能够大幅降低以前在连接客户与产品方面的交易成本。此外，数字化平台能够以更低的价格为消费者提供大量的产品选择，让生产商接触大量客户，并通过去中介化提高其利润。因此，数字化手段对减少传统垂直价值链固有的交易成本高和信息不对称等问题产生直接的影响。

四、对整个社会的影响——利用技术加速推动可持续生产

全球经济基础不具备可持续性。目前，生产和消费活动是地球自然承受能力的1.5倍，也就是说不可持续的。目前尚没有可能的方法将经济增长与排放增长和自然资源消耗分离。一直以来，全球GDP每增长1%，二氧化碳排放量就会增加大约0.5%，资源耗用强度增长0.4%。经济增长必然伴随着投入、材料和化石燃料的消耗，进而产生环境污染与恶化。如果沿用现在的商业活动模式，到2030年，全球自然资源供需缺口将达到80亿公吨，相当于经济增长减少4.5万亿美元。随着全球资源压力加剧和对减排的迫切需求，技术将扮演非常重要的角色。

然而，技术的进步也付出了重要的环境代价。各行业应采取行动，减

缓新技术对环境的影响速度。例如，堆积成山的电子垃圾威胁人类健康与环境，数据中心能源消耗的不断增长造成了污染和浪费。世界经济论坛数字转型计划的分析指出，技术转型可对缓解环境影响起到积极的作用。2016—2025年，预计各行业（汽车、消费品、电子、物流和医疗）的技术颠覆成果将使二氧化碳排放量减少263亿公吨。到2025年，这部分排放量相当于全球总排放量的8.5%。要确保这一潜在价值的实现或者进一步扩大，需要克服很多障碍，不仅要接受新型循环生产模式，还要探索其他可持续的生产实践。

颠覆性技术能改变传统的材料依赖型生产体系，加快新型可持续发展的生产的发展。例如，到2025年，3D打印可以使生产成本降低1700亿—5930亿美元，能源消耗减少 $2.549 \times 10^{18} - 9.30 \times 10^{18}$ 焦。以上降本和节约幅度跨度较大是因为当前技术尚不成熟，而且市场发展趋势存在不确定性。

然而，技术并非实现可持续发展的万能药，而且对于技术的影响我们需要从整体上评估，以确保“共享价值”的净正增长。经济效益与人类社会福利和地球保护息息相关。可持续

生产的目的是“提高产量与质量，减少资源消耗”，在创造经济价值的同时更多地造福地球（减少整个生命周期的资源消耗，减少环境污染与恶化）与人类（体面的工作、安全的工作环境、生活质量的提高）。五大技术将推动可持续发展，同时促进新劳资关系的出现。

技术将推动三大现象，这些现象会加速可持续生产的发展：超高效率、非物质化和消除浪费。

超高效率：从环境的角度来说，企业本身就有寻求资源利用效率提升的倾向。在结构化转型期间，中等技术含量的行业向高科技行业的转型得益于宏观经济趋势对减少环境污染的要求。虽然有这些乐观的方面，但是当前技术改革趋势不能保证未来发展遵循可持续路径。

非物质化：颠覆性技术加快了生产系统的非物质化。第四次工业革命中的所有数字化工具，如传感器、数据、算法和先进的机器等，都能够有效减少全球生产体系中物质的使用。3D打印技术可以让设计者创造出轻质化的产品，使原材料消耗减少30%，而且生产可以更靠近需求中心。物联网、先进分析技术和算法可以提高价值链的可见性和精确性，消除浪费，延长产品寿命。先进机器人用于仓库和装配线，可以把产品包装得更紧，节省更多空间。自动驾驶汽车一旦实现（不是如果），将减少城市汽车保有量和停车场的数量。

消除浪费：技术可以实现更加高效的供需匹配，为全球制造业供应链带来每年消除1万亿美元的浪费的明确机会。每年大约有三分之一的加工食物（相当于13亿吨）被消费者和零售商扔进垃圾桶，或由于运输不便





或收割技术落后而发生霉变、腐坏。此外，电子垃圾也不断增加，导致设备回收利用潜在价值的流失，填埋场堆积如山，有毒化学品排放越来越多。联合国的研究显示，2014年的电子垃圾达到4000万公吨。

技术进步将定义制造体系的未来，建立绿色、清洁、公平和可持续的体系。企业和产业的技术提升能力部分取决于国家创新体系的作用。从这一角度来看，各行业价值链参与者都必须学习和创新，不仅要创新顾客和供应商网络，还要创新技术基础设施、制度和组织框架、知识创造和传播机制。随着这些创新制度的完善，价值链所有参与者都可以利用国际技术知识资源，使这些技术知识在不同规模产业和企业中快速传播。

可持续技术应用要想成为主流，必须在全球经济体系范围内广泛传播知识。新技术的传播推广需要强有力的公共政策来支持，制度框架须包括服务推广、产业集群、计量标准、生产力标准、技术信息服务和质量控制制度。未来制造体系还需要教育与培训项目的支持，向子孙后代灌输可持

续发展的思维。

五、对个人的影响

全球制造体系迎来了新一轮的技术进步与创新浪潮，随之将出现新型的劳动力和新的工作环境。很多人认为，颠覆性技术将对生产劳动力（白领和蓝领）带来不利影响。但是研究显示，很多理由都证明未来生产劳动力的前景是乐观的。

现阶段，关于技术对生产劳动力影响的争议主要包括各行业“劳动力替代与就业创造”情况、职业、工作和职责等。全球经济学家和权威人士研究、预测并激烈讨论了技术发展对就业和经济的净影响，随着机器和工厂智能化水平不断提高，技术逐渐具备了取代人类工作的能力。部分人士认为失业率将会飙升，强调了颠覆性技术可能替代15%—47%的人类工作。乐观主义者则认为，事实证明，在两个多世纪以来的创新浪潮中，全球经济总是能够创造更多、更好的工作，虽然过渡与调整会带来一定的痛苦。本文的发现揭示了以下两种情形。

替代人类工作：技术在制造业中

的占比还将继续增加，而人工的占比将逐渐减少。使用技术替代人工可以提高经济效益和投资回报率。从这一点来看，技术的采用会不断增加，相同产出情况下，生产现场所需的人工数量将减少。尤其是机器人和数字化技术，它们的广泛使用将减少简单、重复性工作，这类工作可以进行标准化，然后交由机器来完成。所有行业在制造、装配和维护领域都有可能减少人工岗位。

创造工作：技术可以使制造商实现定制化，构建新的服务和业务模式，从而促进增长，创造更多就业。采用这些颠覆性的技术，制造商可以向新老市场推出新的产品和服务，提高竞争力、增加员工数量，逐渐将生产活动和相关岗位迁到靠近需求中心的地方。

关于技术所取代的工作多还是创造的工作多这一话题的争论还在继续。我们可以肯定的是，生产现场的劳动特性将发生转变，企业将会需要具备新技能的工人。图5列出了最具影响的案例和生产现场劳动特性的七个关键性转变。

因为劳动特性发生了转变，未来工人将需要完全不同的技能。一项人力研究结果显示，北美制造业80%以上的高管觉得获得所需的人才非常困难，而70%以上的高管认为人才缺口问题正日益严峻，而且这一严峻的问题还将持续。由于物质世界和数字世界的融合，车间工人将使用全新的技术和工具，执行完全不同的任务，采用不同的组织结构，因此需要具备全新的技能（图6）。无论何种行业，随着技术的发展，IT、软件、分析和研发等领域将需要更多的人工岗位。未来技术能力需求将成T型，需要跨



学科技能，而不是某一个专业的技能。考虑业务模式、生产流程、机械技术和职位，如虚拟现实设计师、网络安全分析师、工程师和程序员需要全面考数据相关的程序。未来将会出现新的保护。

图 5 生产现场劳动特性的转变			
技术	应用案例		转变
	协同生产	生产线人机直接交互 机器人工作时不再与人隔离 单调重复性工作交由机器人来做	1. 从机器驱动的生产力转为人机平衡的生产力 技术将人类带入技术增强型工人 4.0 时代，使其融入机械时代，提高其生产力 2. 从局限在办公室和机器上转变为工厂移动办公 使用移动人机界面，工程师和操作工人不需要时刻不离办公室和机器，在任何地方都可以获取信息 3. 从隔离机器到穿戴机器 增强现实、虚拟现实、可穿戴设备和协作机器人将为人机建立深入的关系，对人了和机器产生一样的增强效果 4. 从肮脏、烟雾弥漫的工作环境到现代化的工厂车间 数字化生产技术揭开了工厂工作环境长期以来神秘面纱，让软件开发、产品设计师和生产技术人员在更加开放、通风的环境中协作开展工作 5. 从工作配置到可配置的劳动力 技术能够实现对工程师被动知识的捕捉，通过增强现实让操作工人能够接触这些知识，从而改变培训和技能模式。企业将不再因为工人退休造成的知识流失和新人培训而感到困扰，这些知识和经验将嵌入算法与人工智能，企业可以轻松获取 6. 从“文案、枯燥、重复的”工作到员工真正投入和重视增值活动 7. 工程、设计和 IT-OT 工作的复兴
	实时决策	操作工人在恰当的时间获得恰当的信息，做出及时的决策 操作工人将使用移动设备、数据分析、增强现实和透明互联等做出及时的决策	
	预见性维护及远程维护	操作工人将可以访问设备状态数据，在出现故障之前进行维修 维护工作将从凭借经验转变为依靠数据分析	
	模拟优化	设计者和操作工人将非常热衷交互式媒体，模拟和优化决策 VR 技术提供交互式虚拟现实，对真实场景进行先进模拟，优化决策。	
	工作量优化	操作工人可使用生物数据传感器追踪体力和认知工作量 操作工人可以追踪个人的位置，最大程度减少车间内受伤和事故风险，并使用个人分析优化工作量	
来源：科尔尼；施耐德电气；专家访谈。			

图 6 支持 3D 打印生产技术的能力与技能				
对劳动者的影响高低				
职能	对增加 3D 打印技术使用的重要性	所需的技能变化程度	推动 3D 打印技术采纳所需的新技能	推动 3D 打印技术采纳对现有技术发展的要求
工程			3D 打印装置的运行：能够实施和执行端到端任务，以便运行新的 3D 打印装置 精加工能力：重点转向零部件的精加工，而不是去除多余材料	维护与培训：利用当前技能组合支持 3D 打印装置
教育			3D 打印教学：了解技术和业务的基本原理和趋势	3D 打印课程：创建各阶段课程（幼儿园——大学），教授 3D 打印理念与应用
新产品设计			3D 设计：将产品概念转化为三维或二维 3D 打印基本原理：了解流程和能力	设计速度：快速生成计算机辅助设计，支持大规划定制化



材料研究与开发			3D 打印材料开发：寻找 / 开发新的 3D 打印材料，支持业务需求	材料测试：建立 3D 打印材料和传统材料性能测试能力
软件和硬件开发			3D 打印资产设计：完善新硬件，匹配所需的功能（如打印尺寸、速度等）	用户界面：方便生产和维护人员以及技术不熟练人员使用
销售与营销			3D 打印市场教育：推广和销售 3D 产品，实现新的业务机会	销售与营销活动速度：以更快的速度支持新产品的发布
人力资源			3D 打印高层次理解：向潜在员工宣传能力和战略	员工维系：建立专门的 3D 打印战略，留住紧缺人才
采购			采购战略：了解材料、软硬件的供应市场	供应商资质：采用新的标准，支持专门的 3D 打印资质验证计划的快速实施
来源：新闻搜索；科尔尼。				

第四次工业革命的技术将使人类劳动者不断提高身体能力和认知能力。要想成功融入第四次工业革命的模式，同时保持社会的可持续发展，制造企业在技术转型的同时还须为员工提供培训和发展计划。此外，还需要为高技能劳动者提供恰当的新工具与技术，这些工具和技术会对操作工产生直接和间接的影响。

工人 4.0 是指拥有智慧和熟练技能的（人类）工人，不仅与机器人协作开展工作，还在必要的情况下使用机器辅助工作，采用人类信息物理系统、先进的人机交互技术和自适应自动化技术。工人 4.0 的愿景是建立信

得信赖的人类与机器交互关系，使智慧工厂能够利用智能机器的优势和能力，赋予智慧工人新的技术和工具，充分把握第四次工业革命技术带来的机遇。

事实上，随着第四次工业革命拉开序幕，技术的强化作用将使生产人员具备很多机器的能力，超越其身体和思维能力，具备“超人”水平，延长人类退休时间。

例如，去年在中国天津举办的第 46 届计算机与工业工程国际学术会议发布了一份报告，展望了三种“增强型技术”类型。

外骨骼机器人。工人将佩戴一个

“人形外骨骼机器人，增加其力量，不用花费自己的力气”。这种增强型技术将“增加工厂的长期社会可持续性，特别是在未来人口结构变化，老龄人口增加的情况下”。

增强现实。将为工人提供“实时观看的数字化信息和媒体……减少对打印版工作说明、电脑屏幕和记忆的依赖。当然，这首先需要一位熟练技术的工人讲解。”换句话说，AR 可以很快让任何一个工人成为一名智慧型工人。

企业社交网络服务。从更广阔的视角来说，制造业的未来将包括“使用移动和社会协作方法，将车间智慧型工人与智慧工厂资源联通起来。”这种互联将无限“扩大交互、共享和创建决策支持信息的能力，……让工人发挥自己在生产线上的专长，加快产品和流程创新、改革规划、匹配恰当的人员和信息，从而促进问题的解决。”

未来工人不仅是指人工比机器做得更好，还在于技术增强型工人 4.0 可以在机器的协作下做得更好。**科技**

