

下一代生产革命：对政府和企业的启示

【译者按】当今社会以“数字制造”为特征的下一代生产革命时代已经到来，各国政府和企业面临更为复杂的发展环境。据此经济合作与发展组织于 2017 年 5 月发布了《下一代生产革命：对政府和企业的启示》报告，全面梳理了下一代生产革命面临的核心问题及面向数字化、生物、纳米、3D 打印、新型材料等不同技术的政策侧重点，同时对重点关注领域提出了政策建议，旨在帮助各国政府和企业更好地了解未来生产的演变方向，有效应对全新挑战。赛迪智库信息化中心对该报告进行了编译，希望能为我国相关部门提供参考。

【关键词】下一代生产革命 数字技术 新材料 新工艺 政策建议

以数字技术（如 3D 打印、物联网、智能机器人）、新材料（如生物或纳米材料）、新工艺（如人工智能、生物合成）等为代表的新兴技术的快速发展和融合应用，正将人类社会带入“第四次工业革命”时代。其中，一些技术已经用于生产领域，而其他技术将有望在不远的未来（2030 年前后）被使用。由于这些技术深刻地改变了全社会生产和分配模式，因此也将对生产力、就业水平、岗位技能、收入分配、国家贸易、社会福利和生态环境产生深远的影响。对政府和企业而言，越多地理解和掌握下一代生产革命的发展态势，就越有能力更好地应对未来风险、获得利益。为了更好地帮助政府和企业了解技术带给各领域的深层次变革，经济合作与发展组织（OECD）发布了《下一代生产革命：对政府和企业的启示》，梳理总结了众多制造技术领域的全新特征，以便各个主体调整、制定适应技术特点和发展需求的政策制度，确保实现全球社会的经济增长和包容性发展。

一、下一代生产革命面临的核心问题和政策建议

在下一代生产革命的大背景下，各种技术彼此交融、相互促进。正如软件和大数据技术的进步促进了新材料的研发，而具有更好性能的新材料可替代半导体硅，实现更强大的软件应用。技术融合带来的变革，将影响未来 10-15 年的生产方式，但这些变

革的速度之快、影响之广往往不可预测，如同智能手机颠覆了笔记本电脑、记事本，乃至乐器和放大镜等传统产品的使用方式。面对这些变革，准备不够充分的社会将表现为：相关基础设施和技能的缺失、监管的漏洞，以及各种不足带来的不良后果。为有效应对变革、抢占发展先机，许多国家制定了先进制造战略规划和发展路线图，把新兴技术与制造技术融合放在优先发展位置，并更加关注对技术变革造成的失业就业、收入不均等各类社会问题及其对策研究。

（一）技术促进经济增长的核心内容：生产力增长、岗位要求转变和就业重心转移

1、生产力迅猛增长

新兴技术可通过多种方式影响生产力。一方面，新兴技术在提高生产力上各有优势，比如：集合传感器、控制设备、数据分析、云计算和物联网等技术于一体的智能系统，实现对每个元件的监测，开展基于数据的预测维修、仿真测试及供应链管理，将机器人大量应用于生产线装配，能够显著提高生产效率；材料科学与技术实现通过仿真手段进行新材料研发；纳米技术提高塑料的导电性等等。另一方面，不同技术的融合应用也有助于提高生产力，比如：通过高性能软件设计出的复杂结构必须要结合 3D 打印才能制造；仿真与增强现实技术的结合，可将机器内部运行

状态实时投影在屏幕上，帮助维修工程师准确掌握实际情况。

但新兴技术从诞生到最终实现生产力的提升可能需要一个漫长的过程。对于一些好的技术，只有大企业能够掌握、运用，且应用潜力仍然亟待挖掘，而小企业只能用一些成本较低的技术。纳米、大数据和物联网等技术的演进和应用，依然面临着一些挑战。技术的出现也不足以说明该项技术能被人们接受并成功投入应用，如云计算技术早在上世纪 90 年代就已实现了商业化，但目前经合组织成员国中，仅有不足四分之一的企业采用了云计算技术。技术优势的实现往往还需要一些无形资产等辅助投入，如新的劳动者技能、新的组织形式及能够确保收益的商业模式等。

2、工作岗位需求迅速转变

技术的进步使机器拥有与人类媲美的性能，人工智能在认知、执行和视觉等方面的能力甚至超过了人类，这使得制造业领域中大量操作性强的“日常任务”（即能够用计算机代码轻松定义的任务）基本实现了自动化，如自动货物处理车辆、半自动化仓库、智能客服机器人等等。由于中等收入的岗位多为日常任务，而低收入的岗位多为难以用计算机代码描述的非日常任务，因此，自动化的实现使大量中等收入岗位减少、高收入和低收入的岗位增加。经济危机时，技术对劳动力市场的影响更为明显，与新技术创造的新就业相比，人们更重视其所导致的工作机会丧失，未来

工作性质的难以描述更加重了人们对技术替代人工的偏见。

3、带来更多新增就业

企业投资新技术旨在提升生产率（并实现其他目标，如确保达到质量和安全标准）。对一个特定企业而言，生产率的提升可能减少或增加员工数，但也可能保持员工数不变，这取决于该企业产品价格弹性，如果市场需求对价格变化极为敏感，降低产品价格则有可能导致员工数增加。从促进就业和经济增长的更高层面看，产品价格的降低，市场销量的增加，其可能出现的结果包括：有助于提高劳动者薪酬，或者获得更大利润；还能提高消费者收入的含金量，带来更多的产品和服务需求；劳动者薪酬上升还能增加需求，为其他市场创造就业；较高的利润用于企业股东分配，股东还可能将多余收益全部或部分用于消费、扩大需求；股东和劳动者储蓄的增加最终能降低贷款利率，从而促进投资扩大、就业增加。

在技术发展与就业的关系中，人们关注的重点是就业减少与增加之间的平衡点、就业减少与新增的岗位特征、劳动力市场和其他经济调整过程的持续时间和效率，以及各种微观和宏观经济政策等。长期来看，虽然短期内可能存在某些障碍，比如需求乏力将导致一些利润不会用于再投资（这种需求乏力可能部分归因于较高的利润水平抑制了消费），但是市场最终能实现竞争性平

衡，一些国家历史经验表明，技术变革能对总体经济与劳动力市场带来积极影响，就业增长的行业和企业数，总体上超过就业减少的行业和企业数。

即便如此，调整也许仍然是个痛苦的过程。如果技术进步导致的失业发生在一个主要行业，或者同时发生在数个行业，许多人的生活将因此变得艰难。例如，无人驾驶汽车可能导致大量司机失业，尽管这需要一定时间，但在 15 个欧盟成员国中，约 300 多万人是专职司机，一旦社会不再需求，将对专职司机市场带来巨大震荡。

当然，新技术并不能完全替代全部人力，比如，一些快速投送司机还需与客户互动，而这无人驾驶汽车难以替代的。新技术还能带来许多难以预测的新工作机会，比如，个人电脑的出现，为美国劳动力市场带来了网页设计员、数据库管理员等 1500 种新的就业门类；丰田公司近期决定重新增加工人数量，因为机器人不能替代有经验的工人帮助改进生产工艺；自动取款机的应用，使得银行系统减少了小部分人工柜员，总量上并没有太大差别，但人工柜员却需要提升更多的技能型服务（如理财服务）能力。

尽管调整的节奏和范围尚不得而知，但这一类的调整也许极具颠覆性。最不利的情况是，就业岗位以一种前所未有的速度被

大规模取代、机器人的出现令人们的收入分配比目前更不平衡，以及非技能型市场薪酬降到社会可接受的水平以下等等。政策制定者需做好充分准备，以更好地应对这些不利的后果。

（二）面向不同技术的政策侧重点

1、数字化技术

物联网正在给世界带来巨变。物联网将众多设备和实物接入互联网，不断增加机器自主性，使制造业服务化特征更加明显，比如，通过实时监控产品运行，制造商可以为客户提供“付费即通”的服务。为加强信息通信技术的推广、互操作性和标准制定，政策重点应更多放在减少阻碍因素上。

鼓励投资和应用信息通信技术及数据的政策包括：（1）支持相关技术的研发，如大数据、云计算和超融合计算、物联网，以及数据安全和个人隐私保护等技术；（2）鼓励中小企业投资和运用关键信息通信技术，如加强意识宣传、提供培训和咨询服务、发放代金券等方式；（3）鼓励投资数据行业应用，妥善处理数据分享回报不足的问题，通过授予知识产权和许可证、建立数据引用和捐赠等激励机制等方式，提升数据共享收益；（4）推动国际开放标准制定，建立有利于竞争的标准与技术开放性参考模型，以便推动数据的互操作性、数据应用和数字服务，降低技术封锁，促进服务提供商之间的竞争。

数字技术也带来新的监管难题，例如如果基于数据的决策出现错误，应如何划分决策者与数据提供者（包括软件提供者）的各自责任？此外，由于技术进步而引发的个人隐私、消费者保护和税负等方面的监管难题，现行法律框架可能无法应对。主要对策建议包括：（1）废除非数字时代制定的、可能妨碍引入新竞争势力的法规，促进信息技术的应用，比如废除移动市场准入门槛，汽车制造商可能成为独立的移动网络运营商，从而促进竞争；（2）提高从业者数字风险管理意识（2015年经合组织在《关于推动数字安全管理，促进社会经济繁荣的建议》中曾提出相关建议），开展相应培训和教育；（3）废除影响互联网开放性和数字化进程的法律法规，包括技术条件（互联网协议包过滤）和“数据本地化”（例如将服务器放在当地市场的法律规定）等阻碍开放规定。但互联网的开放性也带来挑战，例如利用互联网从事恶意活动，因此对互联网开放性的限制需要法律和安全依据；（4）对于可能影响利用、分享和连接数据的技术障碍、法律障碍等加强研究，技术障碍包括不同机器平台数据的可读性限制，法律障碍包括服务协议中为避免客户转向其他供应商的“数据人质条款”；（5）制定合理的数据管理框架，在确保数据开放性的同时，保护个人隐私和知识产权不受侵犯，包括促进隐私的技术研发、通过提高数据透明度和可移植性赋予更多的个人权

利、加强隐私立法保护；（6）评估影响市场集中和竞争的障碍，并在各立法机构之间展开对话交流（尤其在竞争、隐私和保护消费者等领域）；（7）进一步论证基于不当数据决策时的责任和义务的划分，通过国家和国际层面的经验交流妥善解决；（8）谨慎评估全自动化决策的适用性、透明度要求，以及在自动化决策能造成重大后果的领域如何进行人工干预。

2、生物技术

工业生物技术主要指利用可再生生物材料而非有限的、不可再生的石化产品。由于生物经济既有助于在经济发展的同时兼顾环境保护，又能实现农村的工业化发展，因此生物经济规模化发展的需求已十分迫切。生物经济概念的首次提出，是在全球气候变化年会和全球生物经济峰会上，参会的 50 个国家，包括 G7 国家，均制定了国家生物经济战略或相关政策。

工业化生物技术对环境的影响仍取决于高级生物精炼技术的发展，即将生物物质转换为可以上市的产品（食品、饲料、材料和化学制品）和能源（燃料、电能、热能）。实施生物精炼战略必须妥善处理所运用生物材料的可持续性问题，迫切需要各国协助创建具有可持续性的生物生产供应链、支持制定可持续性的标准定义和评估工具、推动数据采集和评估的国际协定，以及支持制定生物材料的环保性能标准。鉴于生物精炼验证性制造技术和

规模化商用尚未得到验证，各国也应鼓励公私合作，降低私人投资风险，确保能源和工业生产长期政策延续性。

为充分挖掘基于生物材料的产品生产，各国还应考虑配套多项政策，包括：加强研发政策、制定生物材料的可持续性措施、向消费者提供产品标识计划，以及对劳动力队伍的教育和培训计划。实现能源和材料生产向可再生资源的转型，将是一个漫长的过程，并面临各种技术和政策难题，但为应对当今迫在眉睫的全球挑战，应需要尽快实现彻底转型。

3、纳米技术

纳米技术创新活动主要在以下领域：量子计算、隐形材料、人造组织、仿生太阳能电池，以及用于医疗治疗的设备（涉及纳米电子和机械系统）。纳米技术可利用低成本的工艺替代能源消耗量极大的生产工艺，实现工艺创新并协助满足环境目标。主要政策建议包括：（1）加强研究机构甚至国际间的密切合作，最大限度地发挥基础设施的潜力，并且政府资助的研发项目应允许其他国家的学术和行业团体参与；（2）通过增加财政支持、补贴减免服务费用、发放设备使用代金券等方式，支持中小企业创新成果转化；（3）支持和鼓励跨学科协作，如德国的生物医学纳米技术研究计划，以及英国的跨学科研究协作机构；（4）确保对纳米技术相关产品进行及时和透明的风险评估，力争使相关

政策和指导方针的实施保持国际协调性；（5）支持商业模式和融资模式创新，充分考虑前沿创新的协作研发，推动研发和生产工艺的数字化。

4、3D 打印技术

3D 打印快速发展，能以数种方式提升生产能力，比如通过原型打印、简化生产工艺、缩短设计过程，并打印无法加工的元器件。但短期内，打印时间、成本、质量、大小和可用打印材料等技术决定着 3D 打印的规模化应用，目前只有 15% 的 3D 打印用于产品制造。值得注意的是，在机加工领域和挤压成型领域，3D 的环保意义具有较大差异，打印机类型、利用率、零件用途、零件形状、能源消耗量和打印材料的毒性等多种因素，都会使 3D 打印对环境产生不同影响。主要政策建议包括：（1）通过鼓励低能耗打印工艺、使用环保材料、减少辅助材料使用等，支持 3D 打印的可持续性；（2）对相关研究进行专项拨款或投资；（3）兼顾各方利益，消除知识产权的障碍；（4）建立 3D 打印机标志认证体系，用于政府和其他大型机构优先采购项目。

5、新型材料

技术的发展能够促进材料结构的建模和仿真，加入导电性、抗腐蚀性和延展性等优良性能，优化现有产品和工艺，新材料的应用将为企业带来持续的竞争差异。主要政策建议包括：（1）

鼓励新材料研发的公私合作和国际合作，建立协作创新生态；（2）完善配套政策，确保数据和科学的开放性（例如，利用材料结构仿真模型或实验数据的共享，换取建模工具的共享）；（3）鼓励跨学科研究和教育；（4）加强材料创新基础设施面向国际社会的开放共享，避免重复投资；（5）为保证数据格式的兼容性，应全面审查从事新材料开发和改进的研究机构、企业、政府实验室、标准管理机构和专业协会之间的协调性。

二、需关注的重点领域

（一）充分发挥技术扩散机构的责任

任何一个国家都面临着技术推广难题，主要由于技术推广具有两面性：一方面，技术推广的目的是为了提高初创企业的存活率和成长性，但初创企业增速和活力的下降，也影响技术推广的速度；另一方面，技术推广旨在帮助现有企业提升生产力，但几乎所有国家的小企业技术使用率均不及大企业。

除此之外，技术推广机构也承担着很重要的责任，指导和支持企业对新技术的吸收能力并寻求不同的投资推进渠道，以避免用户信息不足和不对称、能力欠缺及其他市场失效因素阻碍了技术的推广。当前，涌现出不少新的技术推广方案，比如建立跨行业合作组织，集合研究机构和产业部门资源，为众多领域制定标

准和原型。许多政府也越来越重视运用创新产品的采购政策，并常常向中小企业倾斜，以及利用研发税收优惠、法规和标准、创新奖励等方式，鼓励企业参与创新。针对发展技术推广机构的政策建议包括：（1）相关政策应确保技术推广所需的资源配置；（2）技术推广需要制定切实可行的目标和时间表，不能急于求成，应重视长期能力开发；（3）避免技术推广目标与现实条件脱节，不能过于重视解决社会难题和最先进技术的推广应用，而忽视了企业对复杂技术的吸收能力，以至于现有技术潜力未能充分挖掘；（4）在充分证据与实验验证的基础上建立机构，确保机构设计的有效性；（5）加强对中小企业的关注，并且给予足够的权限和资源，帮助企业吸收新制造技术的长远目标。

（二）处理好新兴技术与公众接受度之间的关系

公众的压力能够影响技术推广，甚至是通过影响法规来影响技术的应用。历史上曾出现过某项技术的技术和经济可行性已经过验证、有充分的依据支持，且已投入巨资的情况下，却因公众的顾虑而被束之高阁，如上世纪六七十年代投资兴建的核反应堆，尽管专家认为十分安全，但在公众的抗议下，许多反应堆停止了运行。从另一面看，公众的关注也增强了技术安全和接受度，如上世纪六七十年代的科学研究和环境保护运动推动了更为严格的农药和化工品法规的出台。对于当前的新兴技术，公众也不

同程度地给予关注，有的涉及风险问题，如纳米技术对人类健康的潜在影响，大数据应用计划对个人隐私的侵犯；有的涉及社会问题，如机器造成的问题应由谁负责？如何进行有效管控？或是基因改性作物给人类健康和安全带来的风险。公众对新兴技术迥然不同的态度甚至对国家贸易产生严重影响，有时需要启动世界贸易组织的争端解决机制，这使得政府必须重视本国民众对新兴技术的态度。主要政策建议包括：（1）政府对技术保持客观态度，确保公众对政府的信任；（2）在提供科学建议时，重视与公众的沟通与交流，明示可能存在的不确定性，使核心机构的任命和运行更为负责、稳健；（3）在制定技术创新政策时，开展全面的社会、健康和安全风险等社会评估；（4）在重大研究项目中应统筹考虑伦理、法律和社会问题；（5）增进科学界与公众之间的相互了解，如丹麦采用公民咨询小组、市政厅会议等方式，利用咨询程序进行公开讨论，使公众充分参与技术政策制定。

（三）加强对下一代生产革命的前瞻性研究

前瞻性分析旨在对影响未来社会、技术、经济、环境和政策等发展的因素进行系统、透明的分析评估。前瞻性分析中有多方参与，包括研究人员、经营者、决策者和公民团体，均对未来做出不同设想，但不把预测作为主要目的。在制定路线图和评估各项预测时，前瞻性分析有助于对未来各种可能性做出判断。此外，

前瞻性分析本身就能为决策和制度设计提供帮助。各国政府应营造有利于前瞻性分析的环境，将前瞻性分析纳入各种决策过程，并保持密切联系，以扩大其影响力；同时还要与决策者保持适当距离，以确保专家队伍的独立性。前瞻性分析可采取贯穿整个机构的常规计划和建立专门机构等多种形式，营造一个前瞻性预测氛围，并保持前瞻性预测的延续性。

（四）发展共享协作的先进研发基础设施

并非所有国家或企业都能开发重要技术。虽然在计算技术、物理和化学领域拥有更强研究能力的国家，将在数个行业拥有先发优势，但许多新兴制造技术如此复杂，需面对许多跨学科和系统性的重大研究难题，甚至超过最大单个企业的研发能力，只有通过公私合作才能有效应对。主要政策建议包括：（1）加大对应用研究中心和试点生产设施的投资，建立生产制造与研发者之间的联系，促进创新从研发走入产业化；（2）各类研发设施可能为不同的创新机构所拥有，通过协同合作应对技术难题；（3）各类研发设施需融合高级计量、实时监控、分析、建模和仿真等众多先进技术，涵盖试验台、试点生产线和试点工厂等技术创新所需的验证设施，以及确保设施有效运行的技术人员。

（五）建立适应性强的教育和技能培训体系

为提高生产力，劳动力市场拥有与新兴制造技术相匹配的技

能和效率十分重要。技术进步会创造新的就业，新的工作岗位将对劳动者技能提出更高要求，如预防性维修需要全新的系统设计和数据科学从业者，生产组织需要专业数据建模人员，这也对劳动者数字技能的要求日益提升，对其适应能力、问题处理能力和总体素质的要求也在增加。因此，政策制定者应重点关注劳动者新能力的培养。

新兴的融合性制造技术凸显了跨学科教育和研究的重要性，加强教育与研究机构本身以及研究机构间的竞争是实现跨学科人才培养的有效途径。此外，政府也应加强支持，比如通过财政拨款，支持跨学科研究活动中的同行评估，但有些具体做法还应有更为深入地发展。政策制定者在必要时应积极推广成功做法。

终身学习和企业培训体系至关重要。劳动者的技能更新必须紧跟技术变革的步伐，并能根据实际需要，确保人员的再培训，特别是数字技能的培训。数字技术也能增强技能发展，如在线开源课程。有人正在研究利用人工智能技术开展实时定制培训，以满足劳动者对特定专业背景知识的培训需要。

（六）积极应对全球制造价值链变化带来的机遇和挑战

全球制造价值链始终在不断变化，这引起了决策者的极大关注。经合组织研究表明，这一轮技术变革并未明显导致生产重新转向发达经济体，但全面采用机器人的欧洲企业将不再把生产转

移到海外。发展中国家如能有效吸收新技术，那么将会提升生产力，并有助于结构转型和环境保护目标的实现，比如，一些高级机器人价格并不昂贵，也不需要极高素质的操作者。

全球价值链变化带来的机遇和风险与行业特性密切相关。服装、制鞋、皮革、家具、纺织和食品等劳动密集型行业是许多发展中国家的支柱产业，因生产过程尚未完全实现自动化，受技术变革影响较小。容易实现自动化的电子、电器和机床业，在薪酬不断增长的情况下，很可能受到较大冲击。汽车制造等行业，新兴制造技术的采用并不完全取决于薪酬上涨或自动化难易程度，而主要取决于国内需求及客户对产品质量和个性定制的期望。

对于发展中国家来说，技术变革对其竞争力的冲击十分严重。例如，由于需求千变万化，制鞋仍是劳动密集型行业，但阿迪达斯已在德国建成了一座全自动化制鞋厂，极大满足定制化需求，且生产周期仅需5个小时。这要求发展中国家必须升级整个制造体系，但其面临的一大挑战是，是否有能力推动机器、工厂和信息与通信技术的升级、实现互联生产？同时，还需要考虑辅助性费用的支出成本，比如，机器人投资还伴随着同等规模的外围设施投入（安全保护和传感设备等）和系统实施的费用（项目管理、编程、软件安装调试等）。这类资金的保障需要不同的融资机制，包括风险投资企业和发展银行、机器设备租赁，以及专门

针对中小企业和初创企业的融资，但仅仅只有少数发展中国家才拥有这些全面的融资服务。

（七）加强知识产权保护体系建设

未来新兴制造技术还对知识产权和专利体系带来挑战，其中之一是知识产权体系能否保护数字化实物。在技术快速变革的背景下，各国政府应确保知识产权规则适应时代需要。以人工智能为例，化工、制药和生物领域的智能软件已具备形成专利发明的能力，许多发明可以对现有分子结构进行原创性组合从而形成新的化合物，或者发现现有分子结构的新特性。3D 打印也增加了专利保护的复杂度。例如，如果 3D 打印的人体组织好过人体自然组织，该打印组织就可能被授予专利，但自然进化的人体组织却不能授予专利。3D 打印还为商标和版权保护带来难题（如珠宝和雕塑品等三维物体）。相关政策制定的难点在于，在保护知识产权的同时（因为对某些类型的创新，知识产权保护是最好的激励方式），也不能影响 3D 打印的普及及其带来的创新。

译自：*The Next Production Revolution Implications for Governments and Business, May 2017 by OECD*

研究，还是研究 才使我们见微知著

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

