

MT 机械工程导报

Mechanical Engineering Trends

<http://www.cmes.org>

2019年第3期 总第202期



抓住新工业革命机遇 推动智能制造发展迈上新台阶 p1

自动化和人工智能对亚太地区的影响、机遇和挑战（下） p5

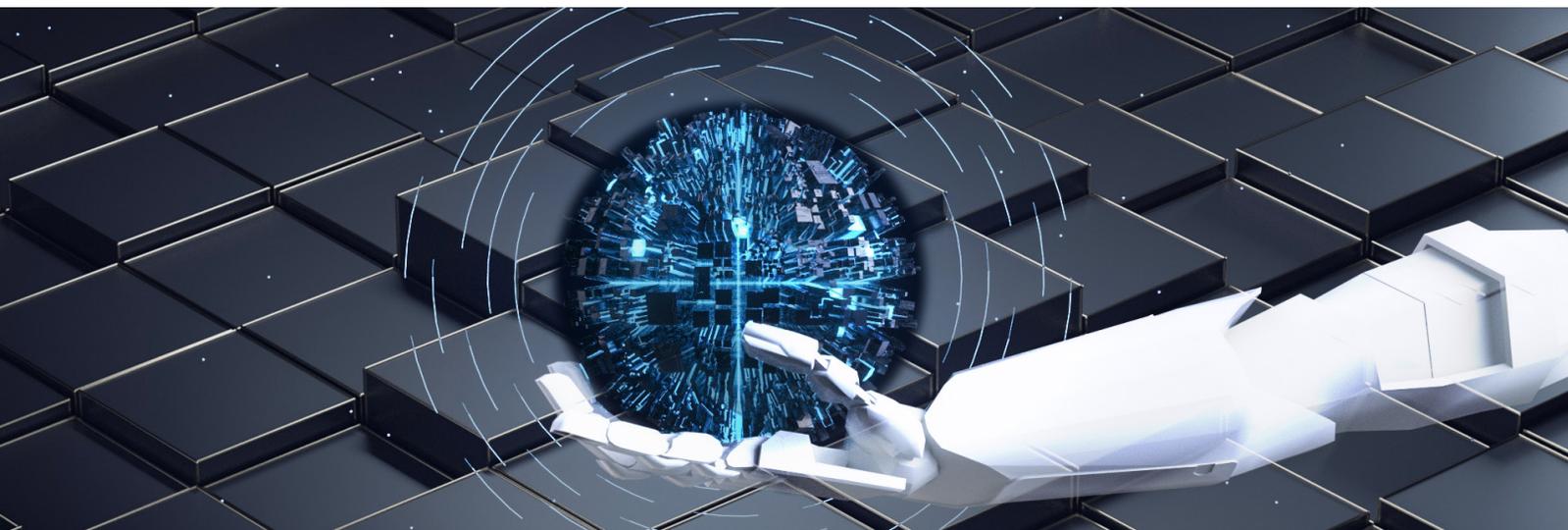
新技术携手工业互联网 p19

老无所依的中国机床 p22

理解工业 4.0 的新视角——应用场景 p28

目录

CONTENTS



机械工程导报

MECHANICAL ENGINEERING TRENDS

1998 年创刊
2019 年第 3 期 (总第 202 期)
2019 年 6 月 28 日出版

主办: 中国机械工程学会工作总部
地址: 北京市海淀区首体南路9号
主楼国际4号楼11层
邮编: 100048
电话: 010-68799036 (编辑部)
传真: 010-68799050
E-mail: zhongyg@cmes.org
网址: www.cmes.org
主编: 陈超志
责任编辑: 钟永刚
出版: 《机械工程导报》编辑部
发行: 中国机械工程学会工作总部



热点关注 CURRENT POINT

- | | |
|----------------------------|----|
| 抓住新工业革命机遇 推动智能制造发展迈上新台阶 | 1 |
| 自动化和人工智能对亚太地区的影响、机遇和挑战 (下) | 5 |
| 新技术携手工业互联网 | 19 |



专家视点 EXPERT OPINION

- | | |
|---------------------|----|
| 老无所依的中国机床 | 22 |
| 理解工业 4.0 的新视角——应用场景 | 28 |



学会资讯 CMES INFORMATION

- | | |
|--------------------------|----|
| 第七届智能制造国际会议在北京召开 | 42 |
| 2019 智能制造科技进展“双十”论坛在北京举行 | 45 |

抓住新工业革命机遇 推动智能制造发展迈上新台阶*



工业和信息化部 苗圩

大家下午好！

我已经是连续七年参加这一智能制造国际会议。七年来，历届会议都在围绕智能制造的技术前沿、发展趋势、社会关切，进行思想交流、智慧碰撞，逐步发展成为与世界各国和地区增进共识、交流合作的重要平台。首先，我谨代表工业和信息化部，对本次会议的召开表示热烈的祝贺！对长期以来关心和支持智能制造发展的各位嘉宾表示衷心的

感谢！借此机会，我讲三个方面的情况，与大家作个交流。

一、智能制造代表着制造业高质量发展的主要方向

当前，新一轮科技革命和产业变革不断深入，制造业呈现出数字化、网络化、智能化发展趋势，智能制造作为重要方向，正在不断突破新技术、催生新业态，推动制造业高质量发展迈上新台

阶。

首先，智能制造是世界制造业转型升级的重大趋势。美国继2012年提出《先进制造业国家战略计划》后，今年发布了《美国先进制造业领导力战略》；德国在实施“工业4.0”的基础上，新出台了《国家工业战略2030》；日本提出《机器人新战略》和“社会5.0战略”，加紧在智能制造领域进行战略布局。面对历史机遇，中国也在积极推进智

* 本文为作者在第七届智能制造国际会议上所做的主旨报告

能制造。习近平主席在去年两院院士大会上强调，要把握数字化、网络化、智能化融合发展的契机，以智能制造为主攻方向，推动产业技术变革和优化升级，推动制造业产业模式和企业形态根本性转变。综观各国发展战略，实施方式虽有差异，但目标方向基本相同，根本在于试图大幅度提高制造业的效率、效益，可谓异曲同工，殊途同归。

其次，智能制造是中国制造业高质量发展的内在要求。经过新中国成立70年特别是改革开放40多年来的快速发展，中国已经成为具有重要影响力的制造业大国，但总体来看依然大而不强、强而不精，整体发展质量不高。近年来，中国经济下行压力逐步加大，GDP增速从2010年的10.3%降到去年的6.6%。出现这种变化，一方面是由于经济发展到一定阶段后的规律性现象，另一方面也是由于新旧动能转换滞后。要改变这一局面，就必须依靠创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，转变发展方式，

实现高质量发展。当前，大数据、云计算、人工智能与制造业的结合不仅为传统生产要素赋能，同时也打破了劳动力、资本、土地等有限供给对经济增长的制约，为产业持续升级、转型发展提供了基础和可能。

再次，智能制造是制造业高质量发展的有效途径。2015年以来，中国聚焦制造业关键环节，积极推进智能制造。通过不断探索、反复试错，取得了积极成效。一是有效促进了制造业智能化升级。四年来共遴选305个试点示范项目，覆盖31个省区市、92个行业中类。初步摸底，这些项目智能化改造后生产效率平均提升37.6%，运营成本降低21.2%。二是探索形成了一批可复制可推广的新模式。如服装、家居等领域的大规模个性化定制模式，航空、汽车等领域的网络化协同设计模式，电力装备、工程机械等领域的远程运维模式等，并复制推广3200多个项目，推动了企业生产方式转变、制造服务化转型。三是各地走出了独

具特色的区域发展路径。如江苏、广东等地，针对企业“想改不会改、想投不敢投”的顾虑，以政府购买服务方式，聘请第三方机构为企业“把脉会诊”，帮助企业转型；又如浙江新昌依托本地服务商，对100多家中小轴承企业进行智能化改造，平均设备利用率由58.7%提高到80%以上。

此外，智能制造带动了新兴产业的加速发展，如中国连续5年成为全球工业机器人第一大应用市场，3D打印近4年平均增速超过30%。实践证明，智能制造是加快制造业转型升级不可或缺的有效抓手。

二、智能制造面临着新机遇新挑战

智能制造是一项系统工程，内容复杂而庞大，没有前例可循，不仅涉及研发设计、生产制造、市场应用等多个环节，而且涵盖商业模式变革等众多内容。推进智能制造需要“天时、地利、人和”多重因素。从全球范围看，智能

制造面临着新机遇新挑战。

一是新兴技术的飞速发展为智能制造注入了新动力。当前，人工智能、5G 通信、工业互联网等新兴技术实现了多点革命性的突破，并加速融入到智能制造中，解决了许多长期想解决而没有解决的难题。如人工智能基于大数据和算法，通过机器学习、人机交互等先进技术，优化生产流程，实现了效率的大幅度提升。某机构利用深度学习模型替代传统机理模型后，使汽车风阻系数的仿真计算时间从 1 天降到了 1/4 秒；又如 5G 通信将为物与物之间的连接提供新的网络基础设施，助力实现跨车间、跨企业、跨区域的高性能实时连接，从而大幅提高生产效率和灵活性；再比如，互联网突破了地域、组织、技术的界限，整合了产学研用等优势资源，形成了创新资源配置国际化、响应市场需求快速化、整体运行高效化的协同创新平台。

二是开放合作的纵深拓展为智能制造开辟了新空间。随着全球分工的日益深化，制造业供应

链、产业链、价值链跨境整合加速，国家间、企业间的国际合作已是大势所趋。从近年来的实践来看，标准先行已成为各国智能制造国际合作的重心，如美国工业互联网联盟与德国工业 4.0 平台合作成立了物联网 /CPS 工作组，制定了针对标准化和测试床的合作路线图。国际电工委员会（IEC）为统筹协调智能制造标准化工作，去年专门成立了智能制造系统委员会（IEC/SyC SM）。中国与德国、日本、美国等国家建立了双边、多边对话机制，在标准体系架构、标准路线图制定、标准互认、产业园区和培训基地建设等方面开展务实合作，集思广益，尽施所长，惠及各方。开放合作的不断拓展加快了全球制造业转型升级的步伐。

三是互联共享的制造模式为智能制造带来了新挑战。智能制造已经成为新兴技术应用的重要载体，推动传统生产方式、组织形式发生系统性、整体性变革。伴随着巨大的发展机遇，我们也清醒地认识到，智能制造发展面

临着新挑战。比如：网络安全防护能力较弱。近年来，随着勒索病毒不断演进升级，制造业的工业控制系统成为攻击的重点目标。去年 12 月，位于美国洛杉矶奥林匹克印刷厂的生产服务器遭到勒索病毒攻击，引发了印刷系统瘫痪，导致《华尔街日报》等众多主流报纸发行被迫延迟，为工业信息安全敲响了警钟。服务能力有待加强。一方面公共性、开放性行业服务平台短缺，细分行业解决方案供应商严重缺乏，中小企业的转型需求得不到满足；另一方面一些产业急需的基础性、共性技术缺乏布局，如工业设备通信接口难以互通，导致了设备系统底层数据的解析和控制存在较大问题。人才体系不健全。传统信息技术和制造技术单独分科的人才培养体系，以及企业内部制造与信息化独立的人才使用体系，导致了既懂工业又懂信息化的综合性人才十分匮乏。加上相对封闭、垂直、孤立的创新应用体系，大多企业需要“从零开始”，自建团队。这些问题如不解决，

势必会影响甚至制约智能制造的健康发展。

三、抓好产业生态体系建设成为加快推进智能制造的根本途径

经过几年来的探索实践，大家对智能制造发展形成了共识。智能制造并不是某一项或某几项技术的简单组合，而是新一代信息技术和先进制造技术的有机融合，是装备、软件、网络、标准等相关要素的系统集成，是供给主体、应用主体、消费主体网络化、平台化协同的合作生态。要深入推进智能制造，必须从抓好生态体系建设上下功夫。下一步，我们将按照“应用牵引、创新驱动、基础支撑、开放合作”的基本思路，着力构建一个基础设施完善、标准统一规范、人才供给充足、政策环境良好、企业互利共赢的智能制造生态体系，打造两化融合升级版。

一是着力健全基础设施。网络基础设施是智能制造的重要

基石，各国都高度重视。我们将继续大力推动工业互联网创新发展，抓紧制定出台网络、平台、安全等重点领域的指导性文件。同时持续推进网络安全建设，强化工业主机安全防护，提升从业人员安全意识，加快推进工业信息安全监测预警能力建设。

二是着力构建标准体系。完善的标准体系是推进智能制造的重要支撑。针对数据集成、互联互通等关键技术标准和细分行业应用标准供给不足的问题，继续开展应用标准的制定和试验验证，力争到2020年建立起较为完善的智能制造标准体系。

三是着力促进行业应用。加快建设一批智能制造公共服务平台，为企业特别是中小企业提供管理咨询、知识共享、供应链协同等服务。进一步摸清各细分行业的发展需求，明确个性化实施路径，引导社会资源向智能制造领域集聚。组织开展智能制造成熟度评估，发展壮大系统解决方案供应商，加快成熟的经验模式向同行业同类型企业复制推广。

四是着力加强人才培养。人才队伍是实施智能制造的重要基础。未来我们将积极探索建立智能制造人才实训基地，在培养复合型人才和跨学科人才上下功夫，通过持续努力，逐步形成一支懂制造、懂信息技术、懂管理的专业化人才队伍。

女士们，先生们，朋友们！

在刚刚结束的第二届“一带一路”国际合作高峰论坛圆桌峰会上，习近平主席提出，要深化智能制造、数字经济等前沿领域合作，打造全方位的互联互通。世界各国推进制造业转型升级的愿望相通，发展实体经济的利益相连。我们将欢迎更多的国家、企业深入参与到中国智能制造的推进过程中来，共同分享中国制造业高质量发展机遇，共同谱写全球智能制造发展新篇章。

我相信，在大家共同努力下，今天的会议一定会凝聚更多共识，取得更多成果。最后，预祝本次大会取得圆满成功！**MT**

自动化和人工智能 对亚太地区的影响、机遇和挑战

(下)

四、应对自动化和人工智能 (AI) 带来的机遇与挑战

自动化、人工智能和新型数字经济如何加快实现可持续发展目标的进程？政府可以采取哪些措施来最大程度地发挥优势并进行风险管理？

● 经济政策，尤其是致力于实现经济增长的政策，必须与现有的技术、地缘政治和政策工具相结合，而不能试图复制老旧模型。

● 在数字领域强力实行监管执法的案例包括：制定数据隐私协议、向缺少有效数据保护协议的公司收取罚款，以及向未能表现出诚信和面临运营风险时不能采取适当措施的公司发出禁令。

● 在制造业中，亚洲企业花了几十年时间才赶上西方国家

并与之竞争，而在数字经济中，情况有所不同。用于赶上西方国家的时间大大缩短，本土企业迅速占领了自己的市场。

技术对社会的影响并不是既定的。政策选择、社会对话和公众舆论都影响着技术的应用。在 19 世纪和 20 世纪，运输、电力和能源方面的进步使西方国家人民生活水平得到了前所未有的广泛提高。现在，韩国、日本、芬兰、瑞士、瑞典和荷兰等许多和平、平等且正蓬勃发展的国家创新率较高，且积极应用新技术。而刚果民主共和国、中非共和国、巴西和南非等国在人文发展指数和基尼系数不平等排行榜中得分最低，他们受治理不善、冲突和腐败的影响远远大于技术过剩。

美国主导着全球科技，该国的不平等现象由许多社会和政治因素造成，包括高等教育费用高、医疗保健中社会保障体系薄

弱，以及结构性不平等，如大规模监禁少数群体。观察者还认为，相比自动化，有利于精英的政策更有可能是造成不平等现象的原因。因此，任何对于技术变革的分析都必须关注到创新带来的机遇以及关键利益相关者，特别是公共机构，对技术变革结果的影响。本节将探讨在这样的背景下，自动化、AI 及新型数字经济如何加速 SDG 的实现进程，以及在可持续发展的经济、社会和环境这三个领域中，政府可以采取哪些措施来最大程度地发挥优势并进行风险管理？从这个角度来看，技术创新对人类、繁荣、地球、和平和伙伴关系至关重要。

1. 经济

经济政策，尤其是致力于实现经济增长的政策，必须与现有的技术、地缘政治和政策工具相

结合，而不能试图复制老旧模型。

亚洲制造业的繁荣带来了巨大的利益，但它是时代的产物，其中许多政治和经济条件已不再适用。20世纪70年代亚洲与西方的工资差距远高于21世纪初。地缘政治动态，如美国在冷战期间对韩国的援助，为公共投资提供了大量的财政援助。发达经济体应优先考虑回迁政策，因为亚洲蓝领工人生活水平提高，而相比之下发达经济体的蓝领工人生活水平下降。因此，自动化是对劳动密集型生产模式造成威胁的众多因素之一。

在不断变化的环境下，我们需要制定能够抵御新生威胁，了解旧模式中的局限性（如危害环境等），并抓住当下全新机会的新增长战略。这样的增长战略可以改善上个时代留下的许多缺陷。在过去的几十年中，工厂工作条件极差，工人们几乎没有享受过劳动保护，他们为亚洲的发展繁荣付出了沉重的代价。最近发生了许多大事，例如孟加拉国服装工厂坍塌和富士康工厂员工一连串的自杀和企图自杀事件，这使人怀疑上述因素是否符合“2030年议程”中的价值观。亚洲政策制定者越来越多地把注意力放在新兴增长领域，主要利用本报告所强调的创新技术来构建数字经济。尤其是具有“搜索”、“社交”和“电子商务”功能的数字平台，作为一项强有力的创

新，已经在许多亚洲经济体中迅速发展。

数字平台用于促成外部生产者和消费者之间的合作，使其共同创造价值，同时“为合作提供开放的参与式基础设施，并设定管理条件。”经济学家认为，数字平台正在书写商业的新篇章。与通过供给方规模经济进行低成本生产的老旧产业不同，数字平台利用“需求方规模经济”，使每个参与者加入网络，包括网约车的司机和乘客、电子商务中的卖家和买家，使得平台对所有参与者来说更有价值，且使通过该商业活动获得的数据也具有商业价值。

在制造业中，亚洲企业花了几十年时间才赶上西方国家并与之竞争，而在数字经济中，情况有所不同，用于赶上西方国家的时间大大缩短，本土企业迅速占领了自己的市场。2016年，亚洲的电子商务交易额占全球“企业对消费者”（B2C）市场的25%，中国和印度在其中处于领先地位。虽然电子商务在东盟国家中只是较小的一个领域，但2016年仍然为其创造了1500亿美元的收入。而预计到2025年，东南亚作为一个整体，将成为世界五大数字经济体之一。据预测，到2020年，该地区互联网用户群将超过4.8亿。电子商务领域的龙头企业包括中国的阿里巴巴公司和腾讯公司、印度的弗利普

卡特（Flipkart），交通领域的包括中国的滴滴出行、印度的奥拉（Ola）公司和东南亚的Grab公司。

如果政策制定者要寻找新的增长模式，数字经济，包括但不限于数字平台，将很有潜力。为了发展这些领域，并提供适当的监管框架，政策制定者可以支持“知识密集型”经济的发展，这是内生增长理论的核心要素。内生增长理论认为，新思想的发展和知识部门工作人员的数量提升了经济生产力，这是物质资本投资所难以达到的。这一模式是在20世纪90年代发展起来的，它使人力资本成为核心发展领域，与几十年前相反，当时强调小范围的一系列涉及经济自由化的改革。当前的模式提供了一种经济逻辑，即认为应该更多地关注教育、医疗保健和人类健康等领域，而不是把重点放在原始的、市场范围内的经济自由化改革。

（1）数据监管至关重要

知识驱动的经济需要数字基础设施的支持，来使公司能够有效地进行交易，并采取适当的管制措施来应对保护数据隐私和避免在线欺诈等问题。然而，数字并不总是国家和地区增长计划的核心。例如，对2015年东盟经济共同体（AEC）蓝图的盘点分析发现，在鼓励该地区数字数据流动等方面需要取得更多进展，这是知识型经济发展的关键推动

因素。分析还发现，只有 30% 的东盟国家在电子商务领域制定了隐私立法，只有 60% 的国家制定了消费者保护法规，但隐私立法和消费者保护法规对于建立在线商务的信任度至关重要。

（2）需要对互联互通和新技术进行投资

在实现高速网络覆盖的过程中，尤其是 4G 和 5G 网络，需要资金的投入。例如，经济学人智库（EIU）2018 年提出的包容性互联网指数显示，许多国家的 4G 网络覆盖率同比快速提升，这些国家包括印度尼西亚（658.8%）、泰国（366.7%）和中国（244.0%）。但数据也显示，该地区其他国家的互联网接入受到严格限制，包括公共部门未致力于提供无线网络服务，以及互联网接入方面存在着明显的性别差距。其中巴基斯坦、斯里兰卡、印度、马尔代夫和尼泊尔这些国家网络普及率是全球最低的。缩小这一差距对于扩大数字平台和网络规模至关重要。

创新技术的力量在于它们能够帮助克服现实和地理位置的限制。对农村的干预措施可以确保利益的实现。谷歌的 Saathi 项目致力于培养教育使者，让他们去帮助 30 万个村庄的女性了解互联网在日常生活中的能带来的益处。这些教育使者作为当地代理商，提供产品分销（如销售手机和 SIM 卡）等服务，同时作为

技术人员帮助人们通过互联网获取政府福利。这种模式在过去的几十年中并不存在，它可以提供更新、更好且更有效的方式来获取商品和服务。

创新促进政策也同样潜力无限，包括消除诸如高昂的许可费用、无理的破产规定或繁琐的税收制度等商业障碍。这些政策推出激励措施，以促进电子商务和电子支付等重要部门创造出更具活力且有利于中小型企业（SME）的增长途径。

任何关于数字增长模型的完善分析中，都必须注意到这些领域可能带来的风险，正如谷歌公司在欧盟和脸书公司（Facebook）在剑桥分析时代事件后面面临的反垄断和隐私泄露等监管问题。仇恨言论、社会两极分化以及关于错误信息的争论在许多亚洲国家都很突出。监管机构也在密切关注垄断的形成。一些零工经济平台不断扩张，在工人投入大量资金购买车辆后调整打车服务的价格，工人深受其害。

为了解决这些问题，并确保新的创新部门能够致力于实现可持续发展目标，各国政府可以通过与龙头企业合作，成立咨询小组和公私联营企业，以制定行为准则和最佳方案，并为进入零工经济等领域的人们开展教育培训活动。他们还需要考虑采取更严格的监管干预措施，明确地禁止在数字经济中进行特定类型的活

动或行为。欧盟新的《通用数据保护条例》（GDPR）中的数据隐私协议规定，向缺少有效数据保护协议的公司收取罚款，甚至向未能表现出诚信和面临运营风险时不能采取适当措施的公司发出禁令。伦敦交通局反对打车公司优步（Uber）的例子，体现了在其他地区中，数字领域的监管执法难以实施。

（3）经济增长政策的设计和应实施应考虑性别因素

经济政策可以在性别分歧方面产生积极影响；相反，若在制定经济增长政策时未能考虑到性别因素，则会加剧性别不平等现象。

一项针对 31 个发达和发展中国家男女工人进行的研究发现，STEM 技能与劳动力市场回报呈正相关，特别是对数字密集型行业的工人而言。另外，男性有更多学习 STEM 技能的机会，这就在某种程度上对一直存在的男女工资差距做出了解释。另一项研究表明，随着女性更多地学习 ICT 技能，其收入水平得到增长，其中丹麦增长率最低，为 4%，韩国增长率最高，为 19%。

不考虑性别因素的数字行业增长政策可能会加剧性别不平等现象，即便总体上看，它能带来一定的经济产出。为缩小差距，我们需要制定政策，帮助女性工人获取足够的 STEM 和 ICT 技能，包括鼓励女性优先从事与 STEM

相关的研究。基本技能至关重要。万维网基金会的一项研究发现，在印度、印度尼西亚和菲律宾的9个贫困城市社区中，几乎所有女性都拥有或在使用手机，但能

够上网的女性中平均只有21%的在网上搜索有关健康、法律权利和交通等相关重要信息。（大部分无法使用数字科技的女性都生活在发展中国家。

在撒哈拉沙漠以南的非洲，移动宽带普及率在性别上的差异达到45%，而在亚洲的一些农村地区，该差异达到50%。）

其他考虑性别因素的增长政



现在，韩国为建筑、材料、机械和计算机领域的女性学生研究团队提供研究基金，并通过提供现场体验项目培养科学和工程领域的女性人才。



澳大利亚政府将从2016或2017年开始，在五年内投入1300万澳元，以提高女性在STEM领域的参与度。该国政府颁布的《国家创新和科学议程》不断鼓励更多的女孩和妇女学习STEM方面的技能，并从事相关职业。



墨西哥经济合作与发展组织（OECD）提出的“NiñaSTEMPUEDEN”倡议于2017年初启动，邀请了在科学和数学领域具有突出职业成就的墨西哥女性担任导师，鼓励女孩选择学习STEM科目。墨西哥的“Codigo X”项目旨在使女性参与到STEM相关学科中来，并提升女性在ICT行业的参与度。



阿根廷的“EllasHacen(他们在行动)计划”与“阿根廷国家数字包容计划”和“数字教育者网络”一道，共同致力于提高失业妇女的数字素养，并帮助在易受自动化影响的行业就业的群体获取必要技能、动力和信心，以及通过课程教授她们基础的网络使用能力，从而能够使用新科技并享受其带来的益处。



巴西的“Meninas Digitais”计划旨在通过调动女高中生的参与积极性和开设短期计算机课程培养相关技能来推广技术和STEM科目。



2008年，德国启动“国民公约”，帮助在薄荷四国（MINT）的（STEM）领域工作的女性提高对科学技术研究的兴趣。该倡议将政治、商业、科学和媒体结合在一起，以改善STEM相关职业在社会中的形象。



日本政府正在开展（Riko Challenge，鼓励女性选择STEM领域的职业，并增加女性科学和工程专业人员的数量。

图1 致力于消除性别数位落差的国家

策包括旨在缩小数字经济差距的政策,以及对那些在不利领域(如零工经济等)中工作的女性的保护措施。例如,一项研究就是采取干预措施为在约旦的叙利亚女难民提供保护,确保其安全。为了在新兴数字经济中取得更平等的结果,公司应该采取恰当的措施,同时政府也应该提供保护措施,以及鼓励获取技能的方案,以确保数字增长带来的影响对性别差异有利,或不分性别。

(4) 教育政策的制定需要关注 21 世纪的技能

发展教育是为数不多的久经考验的发展战略之一,在人类资本文化中排在优先的位置。有远见的经济体从幼儿教育和基础教育抓起,并推广终身学习,同时注重培养社会技能、创造性技能以及技术技能,见图 1。在下列最重要的政策杠杆中,无论在哪种情况下,教育质量都是关键。亚洲低收入经济体的许多教育改革因资金短缺、教师培训不到位或实施效果不佳等原因受到阻碍。在这样的情况下,教育系统不仅无法消除不平等现象,反而还会使其加剧,因为在比较富裕的地区中,资金相对充足的学校能够培养出更加优秀的孩子,这些孩子将来会在私营和公共部门中薪酬最高权力最大的岗位工作。

(5) 基础教育

尽管在世纪之交,政府制定了“到 2015 年全面普及基础教

育”的目标,但亚洲仍有数百万失学儿童。许多国家的学校甚至未能教授基本的认知技能,更不用说为学生的未来打下基础。所有年轻人都应该接受全面的基础教育,而政府应该提供足够的资金和技能支持来培训教师,这非常重要。另外,相关部门应定期更新教学大纲、教学方法和评估模式,以匹配 21 世纪的技能和专业知识。这需要的不仅仅是公共部门的努力。教师经常无故旷课等问题表明,公立学校教育或许无法满足学生的需求:透明国际组织的一项研究指出,印度、印度尼西亚、柬埔寨、巴基斯坦和孟加拉国的老师缺勤率超过 15%,尤其是在印度,其学校系统的素质教育质量低下。有证据表明,在某些情况下,低成本的私立学校可以提供更高质量的服务,这很大程度上反映出公立学校教育状况不佳,但这并不是其本身固有的特性。联合国教科文组织(UNESCO)指出,政府可以建立“战略性的低成本私立学校,以此作为临时解决方案,同时实施相应计划以增加公立学校的数量并提高其教学质量。”

(6) 中等教育

中等教育的教育质量也需要得到改善,要开设更多侧重于 ICT 和 STEM 的课程,为适应不断变化的就业市场做准备。相关部门可以采取更多措施来逐渐培养工人的高阶软技能,包括创造性

思维的形成、社会智能、文化敏感性度、适应性和领导力。在这些方面的不足是工业 4.0 的瓶颈所在,但这些技能将变得越来越重要。为了培养这些技能,人文科学和社会科学应该和 STEM 学科一样,被优先考虑。死记硬背的学习方法是没办法使工人具备解决技术问题和驾驭复杂技术的能力的。

现在,一些国家将重点放在二级改革上,将未来的劳动力与未来的技术现实联系起来。新加坡定期更新课程、评估模型和教学方法,同时将更多信息技术(IT)和认知思维技能的教学同更加实用的学习方法相结合。印度尼西亚重新定位其课程,重点关注数据和技术这类“新素养”,以及能够开发领导力和团队合作技能的课外活动。

该国还向重新调整课程方向的大学发放补助金并提供技术指导,同时推广多种在线职业资格认证,为人们提供更易获取的教育资源。

(7) 技术和职业技能学习

虽然许多国家正在推广技术与职业教育培训(TVET),但往往质量很差。为了改善培训效果,政府应弄清哪些技术是在区域和国家层面所缺少的,并优先采用实用的、与工作相结合的学习模式,将课堂学习与实际实践相结合。TVET 课程应更加灵活,以方便贫困学生在学习期间工作。

可以考虑采用基于能力的评估系统，对于那些未受过良好教育但技术熟练的工人，可根据其经验授予学历。例如，马来西亚的“重新设计高等教育”战略旨在为学生参与第四次工业革命做准备，其中包括 2u2i 项目，该项目包含两年的大学学习和两年的行业学徒技术培训，另外还有“CEO Faculty”项目，即邀请行业内的领军人物来大学里讲座、帮助课程开发，并提供指导。泰国国王科技大学的机器人研究学院开设工业机器人和自动化系统课程，以培养学生相关技能和能力，支持全国范围内大规模应用机器人技术和自动化技术。政府计划在第一年投资 120 亿泰铢（3.62 亿美元），并在未来五年内增加到 2000 亿泰铢（60 亿美元），并承诺支持所有可以使用自动化技术或机器人系统的群体，范围涵盖农业、工业和服务业，以提高其生产效率，帮助他们提升全球竞争力。

（8）终身学习

各国政府应该支持公民在职学习，向终身教育和创业项目投入资金，使成年人能够更新技能，防止被裁员。对此，政府可以采取许多种鼓励措施，包括奖励、补贴、奖学金或教育信贷，另外还有免除学费和带薪离岗学习等。终身学习基金在未来或许是一种可行的模式，即由雇主、雇员和政府提供资金，享受免税政

策，使用者按相关要求取出资金。此外，政府制定的指南可以帮助工人规划职业发展，并给相关的教育和培训项目提供建议。政府还可以根据国家能力标准，提供针对某个领域的培训，以支持商业的发展。政策制定者应关注商业和服务业中不足的技能，激发学生对其他职业的兴趣。例如，菲律宾政府与各行业合作，为高中毕业生提供其他就业机会。在邦劳市，酒店和度假村协会对高中教师进行培训，通过这样的方法让学生了解旅游业和服务业的前景。以前，80% 的公立高中毕业生不会去提供旅游专业课程的大学就读，但由于行业合作的不断推进，据亚洲基金会的分析结果显示，几乎所有由 10 年级升到 11 年级的学生都有从事旅游业工作的意向。

公司可以为学校提供材料和设施，或教会老师如何介绍某些工作，以增强学生对必修科目的理解。为了确保毕业生具备就业技能，中等和高等教育必须更加重视学生实习。一些行业协会开办职业培训课程或数字技术学习中心，他们应该与大学和技能培训机构合作，提供相应的资格证书，培训教师，并提高还未明确标准的技术教育的质量。

2. 社会

自动化、AI 以及新数字化经

济可以通过在公共服务中的运用对社会发展产生积极的影响，而社会保护政策是可以减轻或者消除自动化的负面影响（包括但不限于失业）的一种主要机制。第二个领域则解释了 AI 和创新技术组合如何成功地用于促进实现 SDG 的进程，同时也对可以抵消其不利影响的社会保护政策做出了说明。

（1）AI 可以提高公共管理与服务提供的效率

政府正在采用 AI、ML、大数据和区块链来优化公共服务。通过提高公共行政效率以及降低成本，AI 能够帮助实现 SDG 的方式如下：将政府资源应用在重点领域、降低公共管理的财政成本和提高政府能力帮助那些最需要帮助的人。在政府行政部门中，AI 和 ML 可以减少官僚作风以及文书工作，并改善数据驱动的服务，因为自动化减少了制作文书所需的时间。证据表明 AI 可以用于人力资源有限的公共管理工作中。例如，一项研究估计，在美国联邦政府中，信息归档和记录工作每年耗费 5 亿工时，成本为 160 亿美元，采集和处理信息则要额外再消耗 2.8 亿工时，这意味着还要多付 150 亿美元的工资。而自动化工作流程和区块链等创新技术则是可以大大减少这些工作量的强大技术。在英国国民医疗服务体系（NHS）中，简单的数字化创新已经降低了成本

并提高了效率。例如，一名医生创建的网站，通过标准化文件程序对出院小结进行管理，这些文件是病人出院后回到他们的全科医生那里填写的。这些信息以往是由忙碌且过度劳累的医务人员负责录入，因此容易出现不一致，并且信息时常缺失或混乱。这些例子表明，即使是简单的数字创新，也能对提供的公共服务产生重大影响。

一些亚洲国家政府的公共管理程序仍然非常缓慢——例如印度的法院系统——这可能阻碍经济增长和社会福利的改善。鉴于自动化非常适用于结构性、规则性的工作，因此在政府的行政工作中运用此类软件机会巨大。

（2）数据驱动的公共服务可以为医疗服务带来福音

公共服务受益于数据的改善，有证据表明，AI 和自动化有助于提供更加有效的服务。医疗保健便是一个特殊的受益者。ML 可以改善传染病监测机制，这在人口密度高的地区和大城市至关重要，它还包括识别鲜为人知的风险。一个团队使用 ML 来判定最有可能携带丝状病毒的蝙蝠物种，这种病毒会引起埃博拉等严重出血热；他们的模型准确率达到 87%，表明在东南亚部分地区有大量蝙蝠宿主，尽管迄今为止大部分研究重点都集中在撒哈拉以南的非洲。与 ML 研究界的合作可以提高各国应对此类疫情爆

发的能力。AI 在疾病诊断方面也可以超过医学专家：阿尔法特公司（Alphabet）旗下的深度思考（DeepMind）公司拥有预测分析模型和数据共享工具，这些模型和工具具有包括识别有恶化风险的患者在内的诸多好处，并已在英国和美国的公共卫生服务中使用。

在亚洲发展中国家，人们可以利用智能手机获取基于 AI 的疾病诊断，或者在当地没有专家的情况下获得相关专业知识。据估计，有 80 亿部智能手机配备了能够诊断心脏、眼睛和血液疾病的摄像头。同时，还有模式识别与 ML 的诊断工具，如 IBM 旗下的沃森（Watson），这些都可以提升肿瘤学等领域的服务（已经在中国开始运用），并为可能缺乏医学专家的国家提供专家服务。3D 打印技术将进一步完善医疗体系。尼泊尔正在使用该技术，援助人员在那里利用增材制造取代新生儿医院孵化器的水管和部件。各国政府可以利用 AI、卫星和大数据应对灾害，特别是在人道主义救济工作中，包括食物供应和救灾人员及资源的分配。AI 还可以在家庭暴力的受害者提交相关文件时提供帮助，对受害者来说，这期间往往既耗时又痛苦。AI 是目前推动个性化医学的技术组合之一，它在个人独特的基因组和生物特征等方面的诊疗能力愈发强大。关于提供更有针对性

和更有效干预的个性化药物的承诺，虽然仍处于起步阶段，而且大多集中在拥有最先进医疗系统的高收入经济体，但它能够使亚洲卫生系统及时受益，同时也将得到 AI、ML 和与之相关的第四次工业革命创新的大量帮助。

（3）人工智能教育能够改进教育成果并扩大覆盖面

教育是第二个社会服务类别，它能够从自动化和 AI 中受益，以提供更个性化的教学方法。“智慧学校”可以利用 AI 来减少教师官僚机制，同时提高定制化教学。中国新兴的“超级老师（Master Learner）”在线教育平台使用 AI 来批改学生的作业，它可以让中国大约 1400 万的教师将更多的时间直接投入到教学和与学生的互动中去（据报道，中国政府已将 AI 教育作为一项国家战略）。其他与可持续发展目标相关的创新包括帮助残疾学生利用数字技术的语音识别技术，以及提供个性化教育的自适应学习算法：IBM 旗下的沃森（Watson）已被证明能够基于学生们的人口结构、优势和问题，生成关于学生的信息，从而使教师能够开展更有针对性的教学。AI 还可以增强其预测能力以防止网络欺凌：政府机构对家庭提交的投诉进行调查，并采取行动。这些数据用于完善 AI 系统（对此制定了隐私保护措施），以便向各个家庭提供预警。

（4）其他行业受益，如城市宜居性的检测

除了医疗和教育等核心社会行业之外，在城市规划和物流等领域也会运用 AI、自动化和新数字化经济工具。阿里巴巴已与马来西亚数字经济机构和吉隆坡市议会合作，共同开发能够进行实时交通预测和线路推荐的技术，从而提高吉隆坡的交通效率。该系统将来自视频片段、交通局、公共交通系统和地图应用的数据进行分析，并将在 2018 年之前将 500 个市中心摄像头的的数据纳入分析范围。

（5）需要采取社会保护对策

上述例子说明了技术是如何改善社会服务、并为可持续发展目标的实现做出积极贡献的，但正如本报告第一部分所述，社会政策也可以抵消新技术带来的弊端。社会保护机制存在的意义应当是为每一位公民提供基本体面的生活，无论就业状况好坏、残疾与否或是自身优劣。劳工组织将社会保护底线界定为“国家定义的基本社会保障是确保有需要的人在整個生命周期内获得必要的医疗保健和基本收入保障”。

这既是道德上的当务之急，也是弹性劳动力市场的必要基础。因为如果没有这样的社会保障底线，失业便会使人们陷入长期贫困。身心健康恶化、以及失业者缺乏获取关于新工作机会、

重新培训或更换新工作信息的财政手段，可能会使个人陷入永久的贫困。因此，精心设计和持续的安全网可以确保个人更顺利地渡过失业期，并打造一个有弹性、有回应且能适应变化的劳动力市场。

社会保护措施可分为四类：保护性措施（提供救济以帮助人们摆脱贫困，如残疾津贴或非缴费型养老金）；预防性措施（例如通过储蓄俱乐部、保险或风险多样化来避免陷入贫困）；促进性措施（提高收入和能力）；和变革性措施（通过反歧视法、平权运动和宣传教育活动来解决社会平等和排他问题）。社会保障政策的目标是以下八个领域：儿童和家庭支持、生育支持、疾病、失业、工伤、残疾 / 伤残、灾难幸存者和老年人。在此，我们重点讨论对那些受技术变革影响的人群所采取的援助措施。

在亚洲，社会保护措施的规模和范围有相当大的差异。根据 ILO 颁布的《2017 年世界社会保护报告》，中国、中国香港、日本、泰国和越南至少有一个法定方案，涵盖所有八个领域，而缅甸、东帝汶、不丹、尼泊尔和马来西亚只涉及四个领域，这表明区域社会保护水平差异很大。在自动化的威胁下，对失业者的救助是最关键的，而且形式多样。中国、中国香港、日本和韩国用缴费型和非缴费型的计划来支持

失业者，日本和韩国为失业者提供部分收入，并采取措施促进重返就业岗位。其他国家（如马来西亚和菲律宾）则采取给付离职金等相对薄弱的措施。而且，泰国和越南在提供就业支持措施方面有着良好的记录，印度也有失业计划，但据报道，只有不到 3% 的失业者能够获得这些方案。下列国家没有失业津贴方案，或是没有关于该方案的资料：孟加拉国、不丹、文莱、印度尼西亚、马来西亚、尼泊尔、菲律宾和越南。除了传统的法律文件外，本报告还探讨了另外两项政策杠杆：现金转移支付和公共就业计划 / 就业保障。

（6）现金转移支付

现金转移支付为个人提供直接现金福利，而不考虑他们过去的税收贡献（例如国家保险）。经过经济状况调查的转移支付给收入低于预定门槛的人或家庭提供福利，而这以政府的财政收入作为主要资金来源。有条件的现金转移支付将持续收到的资金与特定的发展相关的行为（如儿童入学或接种疫苗）联系起来。

发达经济体和发展中经济体的现金转移支付在全球稳步扩大，各国政府调整了现金转移支付的用途，以应对新的挑战：例如，美国扩大自身的安全网计划，用于支持卡特里娜飓风后的灾后恢复；埃塞俄比亚的生产性安全网计划（PSNP），以帮助因气候

变化而长期遭受财富损失的人们。

评估文献对现金转移支付有效性的评价有好有坏。有一种假设是这些措施会导致人们不愿工作，而研究表明，与此相反，人们并不会因为收到这些帮助而减少工作量，虽然在某些情况下也有例外，如老年人。但是，一项文献评估指出，在没有任何明确的就业重点的情况下，现金转移支付没有让成人劳动力市场产生较大变化甚至基本没有变化，而与求职援助或创业活动有关的现金转移支付则通过各种渠道增加了成人劳动力的供应和劳动力的收入，渠道包括减轻找工作或创业的财政限制。

更新颖的现金转移支付模式是全民基本收入（UBI），这是一种无条件的、全民的基本资金转移支付，旨在提供最低收入底线。它不仅能够简化复杂的福利制度又能帮助陷入失业和贫困的人，因而受到越来越多的关注。就连技术领域本身的领军人物也支持了这一想法——埃隆·马斯克（Elon Musk）预测，自动化造成的失业可能需要政府对失业群体提供援助，脸书（Facebook）创始人马克·扎克伯格（Mark Zuckerberg）也公开支持了这一想法。而将竞选 2020 年美国总统的企业家安德鲁·杨（Andrew Yang）则将 UBI 作为其竞选议程的核心。

现在确定 UBI 是否有效还为时过早，因为没有一个国家在制定了监测和评价措施的情况下大规模尝试 UBI。几十年来，已经有许多意识形态因素影响了对于 UBI 的看法。一个因素是 UBI 是对当前福利制度的补充还是要取代这些制度——如果是后者，那么随着它的普及，它可能会通过将福利金付给许多中等和高收入人群而又退回到之前的福利政策。而安德鲁·杨（Andrew Yang）则相反，他设想为那些通过现有的福利转移政策获得更多实际支持的人建立一个选入制度，这其中可能包括残疾人。其他明显的争论包括如何为此类干预措施提供资金——例如，通过对推动自动化转型的公司征收“机器人税”。然而，这对亚洲来说是一个复杂的问题，亚洲并不是此类公司的总部——除中国及其高收入经济体以外——因此亚洲并不能征收此类税收。

芬兰是一项小型试验的早期推动者，这项试验从 2017 年 1 月开始，每月有 2000 人获得 560 欧元。由于缺乏有效性数据，该试验早已失效——虽然经常在 UBI 的背景下进行试验，但它只针对失业者，因此不具备任何通用性。两位经济学家对芬兰的试验并不认可，认为它只是一种宣传噱头，因为试验对象范围太小而无法产生科学性的可靠结论。

安大略省和苏格兰正在进

行其他试验，硅谷的创业孵化器 Y-Combinator 和肯尼亚的一个非营利组织也在通过随机对照试验探索 UBI，但还没有得出任何可用的结果。在亚洲，印度官方对 UBI 很感兴趣。印度财政部发布的《2016-2017 年经济调查报告》认为印度的福利制度目标不明确，并表示每年 120 美元的现金转移支付将有助于把除印度最贫穷者以外的所有人的生活水平拉到贫困线之上，其成本为国内生产总值的 4.9%——只有在取代其他福利制度的情况时，这才是净中性成本。面对与自动化有关的失业情况，只有大规模的试验和严格的评估才能证明 UBI 是否可行。

（7）就业保障和公共工程计划

就业保障为弱势家庭或个人提供一定数量的工作时间。公共工程计划以往经常在困难时期被用于拯救经济。虽然没有对此类干预措施进行过简单评估，但经济学家认为公共工程计划可以发挥作用，但这些计划往往过多关注了基础设施的建设，而忽视了教育和社会服务这两个可以带来更大回报的领域；经济学家还批评基础设施项目往往会发展成白象工程，然后结束。

在亚洲发展中国家，最著名也是最具争议的公共工程计划就是印度 2005 年出台的《国家农村就业保障法》（NREGA），这

是世界上最大的公共就业项目，在高峰时期，即 2009 到 2010 年期间，该项目为 5400 万个农村家庭提供了 28 亿天的就业机会。在每个财政年度，NREGA 为一些愿意从事体力劳动的农村家庭中的成年人提供 100 天的有偿工作岗位。与以往的公共工程工作不同，NREGA 是一项法定权利，而不是由政府酌情决定。关于该计划的评价有好有坏。该计划启动后不久，在 2006 到 2007 年间进行的一次 20 个地区的调查中，发现女户主家庭参与率从 12% 到 52% 不等，但其中存在许多操作问题，例如提出工作请求和工作分配之间的时间过长。当时的数据还显示出农民的生活水平提升程度有限，尽管超过一半的户主都购买了牲畜，但只有 2% 的户主开设了银行账户。然而，印度作为一个国土面积大且生活环境差别巨大的国家，一些邦还是取得了积极的成果。拉贾斯坦邦（Rajasthan）的东格阿尔普尔（Dungarpur）区对 NREGA 的认识程度就很高，有一半的人参与了该项目，对于在 NREGA 实施的各地都存在的腐败问题，在这里由于严格的监督和操作的透明度，被降到了最低，一个智库将这一现象归因于拉贾斯坦邦在处理劳动密集型工作方面的丰富经验。

亚洲以外的其他机构也对公共工程计划进行了评估。2005

年启动的对埃塞俄比亚的生产性安全网计划（PSNP）的一项调查发现，在一些方面其性别比例的构成比较合理，但同时指出，该计划未能解决粮食安全和农业生产方面的性别不平等问题。调查还发现公共工程的最终目的并不是实现性别中立：修路设施、耕田设备和取水装备相较女性而言，可能更适合男性去操作，女性则可能更适合在社区附近的医疗诊所工作；因此，性别是项目选择的一个重要因素。

虽然对公共工程和就业保障的全面审查超出了本报告的范围，但迄今吸取的经验教训表明，这些都是政府处理经济转型时常用的干预措施，无论是在发达国家还是在发展中国家。但是它们本身只能代表高收入经济体的经济转型。例如，美国奥巴马政府试图利用金融危机刺激计划作为推动美国发展绿色能源的机会。而印度和埃塞俄比亚等国家则相反，他们更注重把资源运用到地方工程中——这种做法是治标不治本的，并不算是一种过渡策略。

一个可能更具发展前景的途径是将教育系统与工业结合起来，即制定学徒方案，使两者更好地匹配，从而向社会提供具有实际在职经验的学徒。这种模式在包括瑞士和德国在内的工业实力发达的欧洲经济体中很普遍。

3. 环境

当前使用的技术和新兴技术都有利于环境和生态，例如它可以减少浪费和降低能源消耗，让我们能够更好地利用自然资源。环境保护是一项公共事业，由政府负责，制定适当的法规并发展可以帮助提高环境保护机构运作效率的技术。因此，第三政策领域要探索 AI、自动化和新数字经济如何给环境、与自然资源相关的可持续发展目标，以及可能使用权衡措施的领域带来积极影响。

（1）新兴技术可以提高工业中的能源效率

工业领域消耗的能源量约占全球能源消耗总量的三分之一。国际能源署（IEA）指出，即使在十年前，通过使用“新兴技术”也能在 5 个能源密集型领域减少使用 13% 到 29% 的能源，相当于使全球二氧化碳排放量减少 4%。第四次工业革命中的新技术提高了能源效率，减少了各种浪费，这些新技术包括能够发现能源使用趋势、识别效率低下和浪费之处的实时分析技术。像虚拟发电厂这样的创新技术能够将分散的能源资源集中起来，它使用物联网设备和数字技术，由云端的集中式或分布式控制中心调控。同时，3D 打印和快速原型制作技术可以让公司试用新产品和新设计，其使用的工业能源只是传统大规模生产流程中所需能源的一

小部分。另外，3D 打印还可以简化机器、减轻其重量并提高燃烧效率。

例如，通用电气公司（General Electric）的 LEAP 发动机率先采用由先进材料制成的 3D 打印燃油喷嘴，使燃油效率提高了 15%。另外，通用电气公司使用软件和增材打印技术，也产生了其他效率增益，例如，使风能产能率提高了 10%，燃气轮机效率提高了 62%。

亚洲各国政府应考虑吸引那些成功利用此类技术的公司，并为当地竞争对手提供支持机制，以确保他们可以从同样的技术中受益。政府也可以探索包括豁免关税和贸易便利化措施在内的财政激励措施。还应考虑与可能成为变革推动者的数字物流平台建立合作伙伴关系。逐步淘汰内燃机的法规迫使快速增长的企业将资金大力投入到不会过时的业务中。例如，滴滴公司的车队中已有 20 万辆电动汽车，并且可能在十年内增加至 100 万辆。

（2）精准农业将有利于农业发展

亚洲农业在可持续发展方面面临着许多挑战，包括生产力停滞、用水管理不善以及环境破坏。精准农业，一种结合机器人、传感器、物联网、移动电话和地理信息系统的新兴技术组合，有望可以让农民对种植思路更加清晰，帮助他们发现问题，应对威

胁并使他们的投入能够得到更好地利用。这在可持续发展和减少食物浪费方面非常有利。垂直农业和水耕农业等创新也非常值得关注。前者在垂直堆叠的种植层中种植庄稼，在不使用耕地的情况下实现更高的产量，这非常适合在人口较稠密地区使用。亚洲在这方面处于主导地位，Spread 和富士通公司正在探索无土栽培和垂直农业。

研究表明，技术创新为粮食安全做出了很大贡献，而粮食安全正是实现大多数可持续发展目标的基础。一项研究认为，将综合土壤肥力管理、精准农业和集水等创新应用到小麦、水稻和玉米的种植中能够使饥荒人数减少 35%。另外，因气候变化造成的越来越多的太平洋岛国儿童营养不良的问题可以通过一系列政策解决，这些政策包括将研发费用增加到农业国内生产总值的 2%。

然而，发达经济体正在引领精准农业。为了提高精准农业在亚洲的相关性和吸纳力，政府需要积极与科技界和推广机构合作，支持技术转让，根据当地情况合理利用创新技术，并确保农民能够了解并且使用这些技术，特别是那些在亚洲低收入地区占农业总产值很大比例的小农户。政府可以帮助他们获得更高质量的气候数据，提供病虫害预测服务，以及推出基于天气情况的作物保障计划。例如，印度国家研

究院（NITI Aayog）正在与 IBM 公司合作开发作物产量预测模型，通过 AI 技术为农民提供实时分析数据。该合作的目的是利用技术，让农民更清楚地了解状况，以提高农作物生产力和土壤产量，控制农业投入，其首要目标是提高农民收入。该项目包括介绍和提供将气候因素考虑在内的认知农业技术，并通过先进的 AI 创新技术监测作物以及为病虫害的爆发提供预警。另外，政府还可以与数据公司密切合作，这些公司的产品可以帮助他们提供更广泛的生态服务。例如，微软的“地球人工智能”等计划会资助一些对自然系统进行监测、建模和管理的项目，它在亚洲的项目包括印度野生动植物监测和植物病虫害预测，以及日本的灾害管理云平台。

（3）自动化系统将被应用于采矿和资源开采

适合亚洲地区的自动化系统正被应用到采矿业。活跃在中国和印度的矿业跨国公司英美资源集团（Anglo American）的负责人最近预测，“在十年内”，矿山的管理将由机器人、虚拟建模和传感器完成。必和必拓公司（BHP Billiton）也在澳大利亚皮尔巴拉铁矿区开发自动列车系统，机器人已被用于提高南非矿山的安全性。除了可能进行更危险的采矿活动以外，如开发地下基础设施，更复杂的建模工具还可以减

少有害的“尾矿”，即采矿业的副产品（地表径流，通常是有毒的）。这一点至关重要，因为虽然许多新技术使效率得以提升，但它们也越来越依赖于新型原材料：当今的先进技术依赖于许多难以获得的资源。一项研究跟踪研究了实现可持续发展目标所需的技术，并提出预测，对锂、镉/铊、铍和钨物质的需求会大幅度增长。获取上述的和其他的重稀土金属是有风险的，因为它们往往与铀和钍等危险放射性元素同时存在，这些放射性危险元素会在采矿、冶炼和精炼过程中放射出来。该研究发现，除了制定适当的环境保护政策外，政府也可采取回收铜质商品等措施，因为这些产品在其寿命终点可以为新技术提供原材料。有证据表明，在亚洲地区已经出现问题。白云鄂博（Bayan Obo）是内蒙古的一个主要稀土矿区，在这里已经发现放射性废物和硫酸被排放入水坝和黄河的现象，而当地的饮用水正由黄河水提供。该地区大多数人死于癌症，与这些有毒物质有关的当地居民的健康问题也常见于报端。

五、总结：技术变革和未来的开放性

半个世纪以来，亚洲的经济增长对全球减贫做出的贡献最大。亚洲经济增长来源于劳动力密集型制造业和外包业务服务，

而恰恰是这些领域现正受到威胁。

●如果自动化以某些预测中的速度发展，它可能会减缓甚至逆转该地区实现可持续发展目标的进程。

●有可能要取代工人的同种创新技术带来了很大影响，包括改善社会服务、简化公共部门官僚体系，以及在亚洲数字经济蓬勃发展的背景下创收并提供新的收入形式。

●政府、公共机构、私营部门和民间组织的选择决定了技术的应用和风险的管理程度。

第四次工业革命引起热议，创新型公司承诺建设一个高效、高生产力、且不断进步的世界。这些工具的范围、速度和灵活性方面都有所改善，因此它们加剧了人们对技术改进导致的失业现象和不平等现象的担忧。迄今为止，这类讨论主要以西方为中心，因为西方经济体面临着长期生产力停滞和不平等加剧的问题。新兴经济体的发展部门和政府正在仔细研究这种技术组合可能带来的威胁和机遇。

该地区（主要受中国经济推动）在过去三十年中为全球减贫做出了贡献，但这也会阻碍全球进步。然而，有可能要取代工人的同种创新技术带来了很大影响，包括改善社会服务、简化公共部门官僚体系，以及在亚洲数字经济蓬勃发展的背景下创收并

提供新的收入形式。

为了向公众讨论和政策制定提供信息，本报告提供了一个结构化的、以亚洲为重点的分析，以可持续发展目标为基础，分析AI、自动化和新数字经济带来的风险和机遇，找到了可以充分抓住机会并减轻风险的干预措施。最理想的政策组合应充分考虑一个国家的背景、资源、现在和未来的贸易关系，以及政府在指导发展方面的总体地位。

无论国家采取哪种方式，他们都应该相信，反乌托邦的技术预言伴随着每一个新的创新阶段，但无论是积极的还是消极的，它都不会让经济史终结。政府、公共机构、私营部门和民间组织的选择决定了技术的应用和风险的管理程度。除了技术之外，还存在多种驱动不平等和经济边缘化的因素，这些因素可能更直接地受到政府的影响。一直以来，我们在创新方面不断努力，其发展、限制条件和管理取决于我们的选择，即我们希望技术在建设繁荣、包容且生产力高的社会过程中发挥什么样的作用。

附录：联合国开发计划署的政策指示

技术的快速发展极大地影响着亚太地区。但是，虽然我们可以预测这些变化对就业、经济增长或环境带来的影响，但即使最

精准的预测在面对快速创新时也未必准确。第四次工业革命所带来的影响尚未明确。是否能够实现《2030年可持续发展议程及实现可持续发展目标》中的目标取决于各国如何应对和适应即将到来的变化。

根据本报告的调查结果,以下六个政策主题旨在成为帮助促进经济、社会和环境方面可持续发展,以及社会各阶层各方面进步的实用指南。这些是政府与民间团体、私营部门和发展伙伴一起评估当前方法、探索未来发展、创建和测试新系统和新模型的关键领域。

每个国家都应制定符合其当前和未来经济和社会背景的方案。这些建议支持这项工作。他们确定了进一步分析的主题,并指导政策和制度的设计,以帮助社会抓住技术变革带来的机遇,并应对其可能产生的负面影响。

1. 采取预测性和适应性决策

第四次工业革命恰逢快速城市化、不平等现象加剧和气候变化的大趋势。应对政策和制度越来越不适用于这些新挑战,也无法利用技术创新来促进可持续发展。政府若想要加快实现可持续发展目标的进程,必须积极主动地制定有远见的、适应力强的、且符合公民需求的相关政策和制度。

——使用认知和分析工具,如“战略远见”、“视野扫描”、

“系统分析”、以及大数据技术和预测分析,制定政策与规划。

——引入创新和实验文化,以测试新的解决方案和技术。

——在政府各部门和各级政府之间建立“跨职能团队”。

2. 利用新兴的经济增长和就业来源

依赖劳动密集型制造业的发展模式可能不太适合新时代。例如,有人估计,在2030年学生所从事的工作中可能有85%都是新出现的,现在还不存在的。政府或许不能依靠现有的领域来推动未来的经济增长和就业,但是它能够抓住机会,并在新资源出现时好好利用。比如,向环境可持续发展的转变可以在“绿色经济”中创造在可再生能源、能源效率、回收利用和维修等领域的就业机会。能够帮助解决问题的技术、创意和数字技能也将越来越重要。我们要有终身学习的意识,并建立灵活的培训系统,这样才能抓住新机遇。

——开发培训系统,不断调整和训练工人适应新趋势的能力,为妇女和女孩提供有针对性的举措和激励措施,并在工人群体中培养一种新文化,即工人们希望一生中多次参加培训,有机会转入新的部门或从事部门内的新工作或新任务。

——我们还要预测未来的劳动力需求,积极发展技能以满足预期要求,包括在新工作中解决

问题和创新的能力,以及适应当前工作所需的新技能,如环境可持续措施等。

——鼓励开发和采用新技术,特别是那些可以减少污染排放、创造价值、促进自然系统升级的技术。

——探索如何能利用新技术和不断强化的业务实践,提高私营企业的效率和生产力,以及增加价值链上新业务的发展机会。

——通过吸引资金、业务培训和社交平台来支持创业,以建立初创企业生态系统。

3. 重新构想公民参与和个性化服务

政府需要提供超越传统的公民参与形式,并且重新考虑现有的治理模式。新技术使包括边缘化群体在内的许多公民能够系统地参与制定对他们有影响的政策决策和服务。新技术还可以使政府更好地了解公民需求,并且提供以服务接受者为导向的公共服务。

——利用技术创建平台,来持续评估市民需求,跟踪使用情况并衡量客户满意度。

——扩大发展对话,重视边缘化群体的观点和意见。

——整合技术,将其作为公共服务架构的基础,其中包括训练各级政府员工对技术的使用和应用能力。

——利用技术提高效率、扩大其覆盖范围并提供个性化服

务。

——采用透明且受监管的流程，在其中使用影响公民参与和公民互动的技术。

——投入资金扩展互联网，覆盖本无网络服务的社区，以帮助居民更好地获取信息，与政府平台直接连接。

4. 加强保护措施，不让任何人掉队

对许多人来说，适应即将到来的变化是十分困难的。有些工人会失去工作，有些人会发现他们的技能已经过时。自动化和技术变革对不同群体的影响程度也存在差异，包括对男性和女性产生的不同影响，例如男性比女性更有机会获取新型经济背景下所要求的相关技能。一些国家还面临着“青年膨胀”的问题，如果这些国家没有相应的预防措施，下一代的失业率会很高。还有一些国家出现了人口老龄化问题，这会给养老金制度带来压力。即使在最好的情况下，政府也需要考虑，如何给市民提供支持，包括重新审视社会保护措施和政府公民的基本义务。

——尝试采用“全民基本收入(UBI)”模式，并对其进行评估。根据全国收入水平，UBI 预计占国内生产总值的5%至18%。

——利用技术改善对特定群体更有针对性的社会援助和保护措施，包括通过数据和信息收集

更好地了解他们的需求。

——采用原型技术驱动的方案，例如通过更有效的运输系统提高社会项目的效率和有效性。

——在就业支持方面进行创新，例如为员工提供灵活的休息时间，促进工薪劳动者和自主创业者之间的转换，以及将护理责任纳入社会保护体系。

——支持研究的进行，以更好地了解 and 应对 AI 和技术对不同性别影响，例如它们会使不平等现象持续存在。

5. 对资金进行调动和分配以创造更美好的未来

政府需要重新调整他们对资源分配的规划，并调动新的国内收入来源。这包括通过公共和私人的资金来源：(i) 加强社会保护；(ii) 实施对健康和领域高质量投资的干预措施；及(iii) 提供提高青年人生产力的机会。另外，技术的进步还可以为分配、转移和跟踪支出的系统提供支持，同时也为新的必要的征收和强制征收税款措施提供支持。

——确定与财务预测相符的税收分阶段改革，如消费税、碳税、对大型“超级明星”跨国公司所征税和增值税(VAT)。

——利用融资和对关键领域的直接投资，加速教育和技能开发。

——探索如何利用创新融资机制(包括影响力投资、众筹、

联合基金和混合融资等)为旨在实现包容性增长的融资策略做出贡献。

——利用预测和成本计算的方法找到可用资源和未来的差距，将此作为应对未来挑战的融资战略的第一步。

——尝试增加对企业和富人的征税，以帮助消除不平等现象可能带来的影响，并获得所需收入。 

(全文完)

略语词表

AEC	东盟经济共同体
AI	人工智能
ASEAN	东南亚国家联盟
BPO	业务流程外包
GDPR	通用数据保护法规条例
ICT	信息和通信技术
IIoT	工业物联网
ILO	国际劳工组织
IoT	物联网
IT	信息技术
ML	机器学习
MVA	制造业增加值
NGO	非政府组织
NHS	国民医疗服务体系(英国)
NREGA	国家农村就业保障法(印度)
PSNP	生产性安全网计划(埃塞俄比亚)
R&D	研究与开发
RPA	机器人流程自动化
SDG	可持续发展目标
SME	中小型企业
STEM	科学、技术、工程和数学
TVET	技术与职业教育培训
UBI	全民基本收入

新技术携手工业互联网*

今天，在一些超市已实现刷脸支付，但你是否能想象，类似的场景正在智慧工厂里上演：一只搭载着智能摄像头的机械臂对准产品上密布的质量监测点，一下就能“刷”出缺陷。

在这一场景中，一边是近两年发展得如火如荼的工业互联网，一边是以5G、人工智能等为代表的新一代信息技术，当“制造潮流”遇上“技术新星”，会发生怎样的化学反应？在新技术的支持下，工业互联网的发展有

哪些新机遇？这一融合又将给智能制造带来哪些改变？

1. 融合应用加速落地

5G、人工智能等新一代信息技术与工业互联网的融合发展正在由点及面、从易到难实现应用创新。

走进海尔青岛特种冰箱智能工厂，一条接入互联网的自动生产线正有序运行，一旁的显示屏上，数据实时跳动，不断刷

新。再凑近细瞧，似乎没那么简单——一只灵巧的机械臂上信号灯闪烁，宛若长了一只“眼睛”，对着面前冰箱上的质量检测点一扫，产品的缺陷情况便立刻显示在电子屏上。

这样的场景源自一场工业互联网与人工智能技术的“联姻”。

“原先的互联工厂提高了生产效率，但产品下线前，工人需要对色差、缝隙大小、外观脏污等七八项表面质量缺陷进行检查，一台近一米八的双开门大冰箱，工人前后左右看一圈，费神不说，缺陷检出率还低。”海尔工业智能研究院技术总监石恒打了个比方，有了这套外观视觉自动检测系统，相当于请了一个待在生产线上的人工智能专家，检测效率提升50%以上，缺陷检出率高达99.5%，产品质量大幅提升。

主动拥抱工业互联网的不只是人工智能，5G、虚拟现实、区块链等新技术也在广泛地将触角



来源：工业和信息化部信息化和软件服务业司

* 本文原载于2019年6月12日《人民日报》，记者韩鑫

延伸向工业互联网，“工业互联网+新技术”的融合应用在制造业加速落地。

叶片和汽缸是工业汽轮机的核心零部件。随着客户需求日益个性化、定制化，“量体裁衣”式制造的零部件外形结构复杂，对精度要求极高，如何对其进行高效检测，成为长期困扰杭州汽轮机公司的难题。

联云上网后，检测自动化程度大幅提升，但由此带来的海量数据，对网络带宽构成了挑战。

总工程师孔建强告诉记者，“以传统无线方式进行数据传输，每只叶片的抽检时间需要大半天，而通过5G网络实时将测量数据传输到云端服务器进行快速比对，测量时间缩短至3~5分钟，大幅提升了生产效率和产品质量。”

5G技术凭借高速率、低时延、高可靠的特性，正成为助力工业企业加速采用智能制造的关键技术。

在上海联通副总经理沈可看来，与其他信息技术不同，5G是一个全新平台。基于5G可以叠加人工智能、虚拟现实和超高清显示等各类创新技术，从而在工业互联网领域衍生出更多的应用场景，助力企业构建从线上到线下，从消费到生产，从平台到生态的全方位信息生态系统。

“整体来看，目前基于我国工业互联网的新一代信息技术应

用已经在特定行业和领域有所突破，其与工业互联网的融合发展正在由点及面、从易到难实现应用创新。”国家工业信息安全发展研究中心主任尹丽波说，机器视觉、深度学习等人工智能技术在智能制造的质量检测、工艺优化、安全管理等方面已有较为成熟的应用，为工业互联网平台开展基于大数据、人工智能的质量追溯、质量控制、质量预测等服务提供了技术支撑。

2. 前景可期效益可观

引入新技术将提升企业应用工业互联网的可能性，工业互联网的相继涌现也为新技术的发展提供了试验场。

新技术以喷薄之势迅猛发展，遇上炙手可热的工业互联网，二者的融合将释放出何种效应？

对工业互联网而言，新技术的注入将带来新机遇。

企业引入工业互联网需要网络化和数字化两个基本条件。“目前一些企业已经初步实现了业务数据化，但缺乏更深入的设备数据，无法预判设备何时发生故障，更重要的是，制造企业的核心业务指标如效率、质量、成本等都能从大量数据中挖掘出来，这是大多数企业的需求。”石恒认为，新技术的出现恰恰满足了企业数据采集的技术需求，把数据从有经验的老师傅那里拿来，并用数

字化描述，真正体现数据的价值。

从生产全流程来看，新技术正在全方位助力设备联网、数据上云。在数据采集阶段，利用高清摄像头自动读取设备操作屏幕上的参数来生成设备运行数据，以人工智能读屏技术解决了现有设备通信协议不兼容的难题；数据采集到之后便是数据传输，大量工业企业内部网络无法支撑海量数据传输和数据时间同步的问题，需要进行网络升级改造，这便激发了对5G大宽带的需求。

“可以说，5G、人工智能等新技术的引入，极大提升了企业应用工业互联网的可能性。”福建中海创集团首席专家兼中海创集团研究院院长郑松分析，5G让企业的数据传输能力大大增强，人工智能为企业建立数据模型，区块链技术使企业数据更具可信度，虚拟现实以及超高清显示增强了企业数据的可视化程度。“在可预见的未来，企业数据流的分布和状态将成为衡量企业成长性的重要指标，而所有这些针对企业数据的新技术，提高了工业互联网将数据转换为财富的能力。”

工业互联网的相继涌现也为新技术的发展提供了试验场。

“5G、人工智能等新一代信息技术，只有匹配丰富的工业应用，才能真正发挥产业倍增器的作用。”沈可建议，重点瞄准沉浸式辅助生产作业、远程大数据传输和机器视觉等场景，丰富各

类工业应用。

不仅是互为助益，事实上，新技术+工业互联网的融合还将释放出更大范围的乘数效应。“新一代信息技术具有创新活跃、交叉性高、渗透性强等特点，与工业互联网融合发展将有助于更大范围、更高效率、更加精准地优化生产和服务资源配置，推动技术创新与应用相互促进、相互迭代，构建新工业服务体系。”尹丽波说，新一代信息技术将进一步激发数据这一新生产要素的潜能，以创新为引领、以数据为驱动，将从生产方式、组织管理和商业模式等多维度重塑制造业，为建设制造强国建设提供新动能。

3. 以融合之桥促融合之变

新技术应用门槛高、投入不足，亟须通过打造衔接新技术与应用需求的公共服务平台，弥补供需双方的能力短板。

无论是引入新技术，还是接入工业互联网，企业都是实施主体。然而，新技术的引入必然会面临技术不完善和成本上升的问题，新技术与现有企业生产环境能否有效匹配同样面临较大挑战。

“由于不熟悉垂直行业的流程，在信息技术企业眼里，工业互联网的市场是叫得响、热度高，但门槛高、摸不着。”中国工程

院院士邬贺铨说，相反，垂直行业的工业企业对本企业熟悉，但缺乏技术人才，而且担心转型以后的管理和安全问题，这就造成了供需两端难以有效对接。

中国信息通信研究院副院长余晓晖指出，当前新技术与工业互联网的融合还面临一系列问题和难点。“新技术应用门槛较高，以人工智能在工业领域的应用为例，需要互联网企业和工业企业联合开展创新探索。此外，新技术应用投入还不足，新技术的投资规模大、回收慢，在一定程度上影响了部分企业应用的主动性。某咨询公司对500家工业企业的一项调研显示，只有2%的工业企业开始全面部署人工智能解决方案。”

前景可期，机遇已现。如何催化新技术与工业互联网的融合之变？

海尔的实践是通过打造对接新技术与应用需求的平台，弥补供需双方的能力短板。石恒介绍，该平台能把某几个独立的技术方向融合在一起，来满足未来工业发展的需求。“目前我们正在牵头研究的机器视觉+工业互联网，就解决了传统机器视觉传输距离有限的行业共性问题。”

京东数字科技创新科技业务部区块链业务负责人翟欣磊认为，用数字科技打造数字工业，要基于对产业需求、产业规律的深度理解和尊重。“这就要求数

字科技公司一定要与实体产业共建，而不是向产业方简单输出技术或互联网流量。在多方共建的基础上，分享产业成本降低、效率提升和终端用户体验升级所带来的增量价值。”

搭好沟通供需之桥，不仅企业要发力，政府也要有所作为。

“企业是发展和应用工业互联网的主力，而政府的作用是企业应用创新提供良好发展环境和条件。”工业和信息化部信息化和软件服务业司巡视员李颖表示，政府一方面要通过试点示范加强引导，培育推广系统解决方案，推动新技术与工业互联网融合应用由点及面普及推广；另一方面，要多渠道整合产学研用资各方资源，促进产融结合、产教融合，加强复合型人才培养，打造创新发展生态体系。

“未来，工业互联网一方面将聚焦新一代信息技术与制造技术的联动发展与创新突破，另一方面将立足垂直行业需求，加快应用创新和推广。”余晓晖建议，在国家层面要着力营造包容有序发展的环境。在企业层面，要加快推动网络、平台、安全等功能体系建设，开展新技术研发和试验验证，加强面向不同行业场景的应用实践。此外，高校、科研院所等产业相关方应深入参与工业互联网研发创新和理论研究，推动创新资源要素自由流动和开放共享。MT

老无所依的中国机床



北京联讯动力咨询有限公司、中国科协智能制造学会联合体 林雪萍

2017年中国机床消费总额为299亿美元，为世界第一大国。进口数量为152亿美元，而中低端数控机床的出口金额为117亿美元。我国在低、中档数控机床国产化率达到80%和60%，而在高档数控机床只有6%。

滴血的机床！不得不说，机床作为万机之母，作为国民经济的支柱产业，国家一直亏欠着她。改革开放40年，就机床行业来看，投入数量不过区区数百亿人民币。中国机床行业虽然渡过了哺乳期，但仍处于需要国家从战略高度悉心照料的青少年成长期。但国家层面只做了缩手缩脚的有限投入，在几十年的发展历程中也走了一些自伤筋骨的弯路，让这个代表国家工业水平、国防工业基石、关系到国计民生的行业，

逐步成为一个营养不良的产业。

一、老无所依

济南铸锻所4月份正式破产，“终年”63岁。

该所曾经是机械工业部的一类研究所，创造了无数辉煌。早在1959年，济南铸锻所就编制完成了中国第一套铸锻机械方面的国家标准，使这个行业第一次有了国家标准。它也是诸多行业发展的发动机，曾经为小鸭集团公司研制的滚焊机，用于生产滚筒洗衣机电机钢板外壳，完全替代了意大利进口设备。90年代初，济南铸锻所受鲁光灯具厂委托，研制了中国第一台数控折弯机。还有第一台液压传动剪板机、第一台模锻型磨擦压力机、第一台

数控激光切割机、第一台数控激光焊接机等。几十年来，济南铸锻所创造了太多的国内第一，是业界重要的顶梁柱。

解放前，来自于河北交河县、献县一带的小资本业主在济南开办的工厂，成为济南市铸造业形成和发展的工业基础，这些力量是济南发展重工业的生力军，可以认为是济南重工业之母。而济南，当年机床制造王牌基地，从一机床到五机床，从车床、内外圆磨床到锻压机床，是显赫一时的机床集群。而随着济南铸锻所欠债无数，失血过多，安静倒下，如今几乎只剩下二机床孤家寡人。除了机床之外，济南的洗衣机、轻骑、棉纺等制造业也都是响当当的，高校人才资源济济，旅游资源也不少，加上四通八达

的省会通衢地位，济南手里那么多的制造好牌，怎么就会打的稀烂？

济南铸锻所可以说是培养私企老板的摇篮，从铸造、锻造到清理设备，这些大批的大小老板，基本上是原来单位的技术或者销售。大家不断跳槽后成立一个个小公司，大肆挖走原单位的客户。新陈代谢能力不足，铸锻所只能像一颗老树，日渐枯萎，最终倒下。

2018年机床工具行业规模以上企业主营业务收入7151亿元，而企业将近6000家，这意味着平均每家产值在亿元。2001-2006年机床行业规模以上企业数量变化不大，都在2000多家左右。而在2007年暴涨至4000多家，增幅高达78%。而最近六年稳定在5000多家。作为定义设备行业的精度、速度和效率的母机行业，自身却畸形地产生了一大堆土豆企业。

而在更小的领域，例如电火花加工EDM领域，整个市场不过几十亿的产值，有300多家公司，整个行业超过1个亿的企业，不超过4家。这种遍地开花的行业，相互降价，极大地削弱了整体行业的盈利能力，和研发力量。

这次倒下的锻铸所，在机械部98年撤销之后就归到国机集团，2009还成功改制。虽然背后有大山，却照倒不误。看上去是否归到大央企，其实一点不重要。如今大连机床已经并入到通用技术集团，而沈阳机床的并购方案，也在进行之中。这种做法完全不符合国际上机床走专而精的路线。未来的路究竟如何，迷雾之中尚无确切答案。最近一段时间，尤其是近一年来，由于资金、市场等困难，许多企业纷纷被国企“拥抱”。这种像转手包袱一样地托管，恐怕只会拖延病情，无法真正解决问题。其实如果能够真的能够释放企业家精神，让地方国企回归市场机制，恐怕远比收归央企托管要强。

那些失去活力的院所，老无所依。而机床行业，同样是老无所依。

二、被打断的腰

新中国的机床几乎是从零开始起步的。作为中国重工业发展的母机，一切都是从规划开始。1952年中央重工业部确立了一个著名的专业分工思路，对中国

机床行业的发展影响巨大。“化万能修配厂为专能机床厂、全国专能联合再成为万能机床”体现了一种系统化布局的思想，按照全国一盘棋的专业攻关精神，确立了18个机床厂的分工与发展（见图1）。这就是后来的“机床十八罗汉”。当时的规划带有很强的指令色彩：一个罗汉只做一个规定动作，一家机床企业只能做一种机床。这在当时起到了资源集约的效果。“十八罗汉”也因此成为中国机械工业的看家花旦，而机床也被请进中南海受领导检阅，一时间成为“国民机器”。

至此，我国形成了比较完整的机床工业体系。布局清楚，相互不交叉，充分在一穷二白、有限资源的情况下，集中力量做了大事。

更重要的是，除了重点骨干企业群体外，还建设了众多的技术研发机构。这是支撑十八罗汉的脊梁，是中国机床的“腰”部。

在当时全行业有8个综合性研究院所，形成“七所一院”的综合性专业技术研发机构（称为“一类所”）；更厉害的是，还有37个专业研究所与企业设计

厂名	职工数	其中技术人员	专业分工
沈阳第一机床厂	5562	712	卧式车床, 专用车床
沈阳第二机床厂	2797	407	钻床, 镗床
沈阳第三机床厂	3137	356	六角车床, 自动车床
大连机床厂	2209	377	卧式车床, 组合机床
齐齐哈尔第一机床厂	4375	589	立式车床
齐齐哈尔第二机床厂	2757	324	铣床
北京第一机床厂	2236	324	铣床
北京第二机床厂	1480	111	牛头刨床
天津第一机床厂	1327	124	插齿机
上海机床厂	3985	551	外圆磨床, 平面磨床
无锡机床厂	2108	268	内圆磨床, 无心磨床
南京机床厂	2175	236	六角车床, 自动车床
济南第一机床厂	1969	154	卧式车床
济南第二机床厂	2380	355	龙门刨床, 机械压力机
长沙机床厂	1638	240	牛头刨床, 拉床
武汉机床厂	1389	200	工具磨床
重庆机床厂	2303	223	滚齿机
昆明机床厂	3009	452	镗床, 铣床

图 1 1957 年一机部直属机床厂

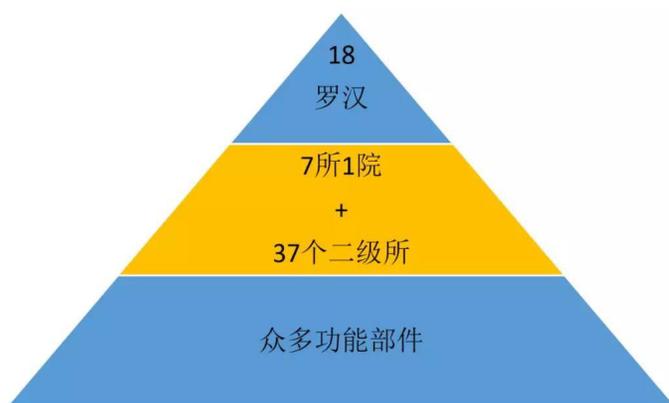


图 2: 两级护腰支撑机床大罗汉

部门, 形成了机床工具行业的科
研开发体系的第二道护城墙 (称
为“二类所”, 见图 2)。

当时最为著名的三个硬核,
成为十八罗汉硬朗的腰部, 起到

了为机床行业强筋壮骨的作用。
那就是从 1956 年的金属切削机
床研究所 (后来北京机床所),
负责 8 个方向的综合性技术中心;
同年成立的大连组合机床所, 研

究设计高精度组合机床和自动化
生产线; 3 年后, 广州机床研究
所成立负责配套的造型设计、液
压、密封等基础技术。到了 1985
年, 机床行业有 37 个专业研究
所全部建齐。

一个足球队虽然只有 11 个
人, 却拥有精心设计、运行良好
的最令人着迷的运转机制。球队
的腰部, 成为球队胜负的关键;
中场发动机的好坏直接决定了前
锋的突破能力。可以说, 有了这
些运转良好的腰部, 对中国机床
行业的发展起到了突破性的作
用。

然而, 在 1999 年一刀切的
院所转制, 国家计委的 242 个院
所随之下放。它们像麻袋里的土
豆一样, 被呼啦地甩出去满地乱
滚, 各由生死。在经济利益的驱
使下, 这些院所随机向地方产业
经济靠拢。

改制的一声号令, 广州机
床研究所直接被进入国机集团,
2011 年 9 月改制更名为广州机械
科学研究院有限公司, 如今成为
专业的密封研究与生产单位。

在稍做挣扎和抵抗之后,
2000 年大连组合机床研究所也在
直接的行政干预下, 整体强制并

入大连机床集团。主要技术骨干随即大面积“逃散”，机床院所主力静悄悄地被融化。随着如今大连机床的破产，这个曾经机床王牌院所的存在，已经变得不那么真实了。只有阅读历史档案的时候，才能依稀感受到它当时强劲的脉搏。

而最早、最具规模的北京机床研究所，同样曾经有过辉煌的历史。从一开始就参加机械部组织的多项行业技术攻关，如高精度精密机床行业攻关、第二汽车厂制造设备的攻关、数控技术及装备的攻关等，试制了中国首台卧式加工中心。北京机床研究所在行业中引起最大的争论是，它与日本发那科之间的关系。1980年，北京机床研究所通过许可证转让的方式从日本发那科(FANUC)公司引进数控系统技术，随后从“六五”(1981-1985)开始，国家连续组织了几个五年计划的数控技术攻关。1992年二者成立合资公司。它在推广发那科数控系统方面做出了“不可磨灭”的贡献，有人甚至慨叹这个合资项目几乎断送了中国的数控系统产业。2011年底，北京机床研究所整体加入通用技术集团，沉入水面。

二十年后，火速改制当年寄出去的账单，终于回来了。这个时候，中国机床行业就像被打断了的腰，只能拖着前进了。许多机床老总在谈到当年的一类所和二类所的时候，非常留恋。就像“有困难找警察”，那个时候的机床企业，如果有工艺问题，都可以去找大连所和北京机床所。

在中国，大学、研究所等都变成盈利机构了，与企业争利。他们就像是一个科研小商人，也斤斤计较地算着小账。

而昔日名扬天下的十八罗汉，听上去更像是一个江湖上的传说。机床的专机战略性和通机的市场性被混为一谈，市场布局乱了套，整体战略上的设想也几乎没有。重型机床企业就是典型例子。五坐标联动数控龙门铣床，生产的厂家也有几十家。位于西南边陲的昆明机床厂，花巨资建造了一座崭新的拥有200吨吊车的重型厂房，进军大型数控龙门镗铣，且不说制造问题，产品运输也是一个极大的问题。虽然是上市公司，也经不起折腾。2018年5月黯然失色，昆明机床成为云南A股企业中第一个退市企

业。

大敌当前，家底孱弱，却依然乱成一锅粥。

三、国家的支持

国家对机床行业不是没有支持，2009年启动的04专项是最令行业振奋的兴业之举。然而04专项实践十年，成果有一点，问题一大框。除了资金强度不足之外，最重要的就是资金使用效率太差。600个课题，一把胡椒面撒下去；而且一个课题还要几家来分，“同心协力拿课题、同床异梦做科研”，各自为政完全没有协同效应。而限制条款太多，几乎又走向了“科研”的偏锋。这种专项本身带有强烈的“科技部属性”，一开始发指南时就要求指标、申请专利、发表论文、培养人才等，后来甚至还加上了科技报告等。每次课题申请列了那么多考核指标，最后不过都是一堆论文废纸、若干无用的静态指标(实验室的指标和工程应用的指标差别不止一个量级)，行业的共性技术依然遥遥无期。实际上，这种本来扶持行业工程化的项目，只需一个目标：能不能

实地应用、能否规模化使用。其他的考核指标，直接切掉才好。值得庆幸的是，转机的端倪也在出现，如上海交大在临港的创新中心，致力于汽车关键部件加工的机床产线的工程化验证。一开始就得到诸多汽车厂的参与，直接提供型材，真机真刀地切下去。这才是一条可值得期待的转化之路。

国外给予机床行业，既有直截了当的财政支持，也有多元化的政策体系支持。美国国防部曾经补贴给格里森滚齿机 2 亿美元，并且协助格里森私有化以掩护财务做账。美国一方面结合汽车、轴承的生产需求，另一方面将电子、计算机技术等融合，双向促进，使得美国机床不仅可以提供高性能机床，也可以为中小企业提供经济型机床（如法道、哈斯）——这类机床在中国市场同样非常有竞争力。

除了资金之外，更重要的是，还有大量非常细致的政策保护和法律保障。日本 1956 年就有《机械工业振兴法案》，机床名列首位，提供 96 亿日元低息贷款。在后来的 20 年，连续进行了四次修订，不断完善法规的保护。除此之外，

还有《机电法》、《机信法》，从法律层面引导发展，造就了日本成为机床最强国之一。

1976 年前的十年中，日本政府直接对机床的基础科研贷款 5 亿日元，不计效益硬砸坑。这一段时间正是日本机床腾飞的黄金时代，至 1982 年彻底超过美国。随后美国进行反击时，也和当下特朗普的做法一样，外部四处干涉各个国家的贸易协定，对内则是多种资金渠道扶持非盈利研发机构，零利润地为企业提供服务，最后美国机床随之迅速复苏。

欧洲情况也一样。在德国，也有类似保护法案，如果建立研发中心，德联邦直接给研发中心补贴 30%。而意大利、西班牙等国家，无一不是靠政府贷款、国内购买等非市场经济手段，使得两个国家的机床产业直接上位。

值得注意的是，政府支持的方式也常多元化。行业出现危机的时候进行国家补贴、工人工资补助等；为基础研究机构提供资金但这些机构都是非营利组织，以便更好地为机床企业提供技术支持。扶持一个行业是需要一套复杂的组合拳，这也考验着政策推手的细密性。简单地、条框化

地使用资金，只能使有限的资源大打折扣。

四、营养不良的母机

中国机床行业，在高端几乎是完全失守，低端国内混战，中端交锋。

中国机床工业的总产出始终占世界总产出的四分之一左右。2012 年中国金属加工机床消费市场的增长速度由 2011 年的 32.9% 断崖式跌落至 -2.1%，衰退一直持续了 5 年左右，直到 2017 年才出现恢复性增长。

2017 年，我国机床出口总额 32.8 亿美元，同比增长 11.3%；机床进口总额 87.4 亿美元，同比增长 16.3%。尽管机床进口总额有所上升，但进口机床占国内机床市场总规模的比重从 2012 年的 41% 下降至 2017 年的 29%，表明国内企业正在努力向高端技术、替代进口方向发展，逐步降低我国对国外高端机床的依赖。

机床这个市场环境恶劣，行业市场很小，自然很难得到 GDP 至上的视。即使机床强国之如德国日本，机床行业占 GDP 也不过 0.2% ~ 0.3%。然而德日美都拿

这个当宝贝，含在嘴里都怕化了。

这是国之重器！一个国家工业强国的标志是什么，第一就看机床！机床是一切制造的精度、速度和效率的量尺。然而，中国机床行业，一直就处于边缘位置。就各种产业政策、资金扶持而言，机床行业就是冷板凳选手：置之一边，少闻少问。

不管是功能部件和主机，中国现在都有不少的技术底蕴，有着经年的科技积累，行业“基础性技术短板突出”的现象是显著的，而产品的工艺性验证同样也是长期缺失的。国外企业产品研发与工艺验证投入比例一般在1:5甚至1:10，而试验面积与制造面积之比在1:0.5~1:1左右。国内传统老牌机床企业的通病：盈利能力不强，缺乏实验验证能力和条件，“做得出”样机，但无法通过工艺性验证进行完善，最终难以进入高端市场。再加上高档数控机床研发是“高投入、低产出”，企业不堪重负，长期陷于“可靠性低—难以形成规模性应用—不能通过规模性应用提高产品可靠性”的低端锁定。

机床有通用性的一面，但也有战略性的一面。简单地靠市场

机制、靠兼并和归堆，绝不是机床的发展之道。而放到社会资金解决也不太现实，因为机床行业周期性明显，差不多五年一个周期，1年半好三年半坏，投资机构最怕的就是这种行业。靠简单的社会投资和回报率，是不可能解决这种投资巨大、回报慢而且呈现周期性颠簸的产业。

没有一个国家，可以让这样的高端产业（尽管极小）生死自负。发达的工业国家都采用了非常复杂的政策组合，全方位地助推了机床的发展。

而那些把机床简单地归到市场中去的想法，真是糟透了格局。

中国有世界上最大的用户群。2002年就已经成为世界第一大机床消费国，中国机床市场消费额在世界机床消费总额中的占比曾一度达到近40%，至今继续保持在1/3左右的水平。在高端领域，由于差距悬殊，国产机床基本上还不具备市场竞争能力。而中端市场领域一直是国产机床与进口机床争夺的主战场，也是我们曾经濒临全面失守的领域，争夺这一领域的市场份额，是多数机床企业长期以来的主攻方

向。

然而，天质本高端的机床母机行业，在中国一直营养不良。这其中，反而是四处觅食的民营企业，为这个行业增添了一丝令人期望的曙光。像大连光洋不仅仅发力高端五轴机床，而且在控制系统、转台、力矩电机等精密零部件，取得了令人欣喜的进展。机床行业要发展，必须要有健康的零部件产业。其实这是中国整个制造业都存在的问题：只迷信最后的大机器的集成，为一个一个首台套欢呼，而忽略基部零部件的突破。如此这般，是做不好中国的装备制造业的。

小结

机床需要分类管理：它既包含了战略级别的专用机床和关键部件；也包含了通用机床。通用机床自然可以放开市场竞争，但战略机床绝不可以放到市场中去。就像支持5G一样，要旗帜鲜明地为这类机床撑腰。而那被折损了的共性技术——腰部，必须“连”起来，这是通向高端制造跨不过的槛儿。

拯救中国的战略机床吧。MT

理解工业 4.0 的新视角

——应用场景



中国科学院沈阳自动化研究所 彭慧

1. 背景

自 2013 年 4 月德国正式推出工业 4.0 起,已过去六年时间了。在国内,工业 4.0 这一名称,应该说是已深入人心,甚至加以发扬光大,曾经看到有农业 4.0、教育 4.0 等的提法。看来,德国人将软件开发中常用的版本命名方法引入到工业革命的划分中,至少在市场推广上取得了相当大的成功。虽然近期国内工业 4.0 的风头被工业互联网所压制,但仍然是智能制造主题中不可缺少的盘中盛宴。

但对工业 4.0 这一术语内涵的理解,并未达成广泛的共识。非常有意思的是,大多数人都知道工业 4.0 指的是第四次工业革命,但具体到谁革了谁的命,谁消失了,谁被取代了,谁又出现了,

并没有一个很清晰具体的认识。事实上,工业 4.0 官方在 2013 年的白皮书《确保德国制造业的未来——实施战略行动工业 4.0 的建议》中,给出的描述也比较粗犷。概言之,其认为将物和服务互联网(Internet of Things and Services)技术融入制造业,会对制造业的现状发生巨大的改变,这种改变的汇集,称之为第四次工业革命。其原文表述是:“在制造环境中,垂直网络化、端到端工程化,以及由越来越多智能产品和系统构成的跨越整个价值网络的水平集成,引发了工业化第四个阶段的到来——工业 4.0”。这种改变,包含了生产组织方式、商业模式、法律法规等方方面面。

需要强调的是,工业 4.0 目前还是对德国工业未来的愿景,

是期待,是一场还未发生的、预计会发生的革命。而且这种愿景,是一种基于直觉、想象力、逻辑推理、个人经验、专业背景、德国独特的社会环境等因素的定性的描述。这就为我们每一个人,对工业 4.0 的理解,留下了广阔的想象空间。所以,结合各自背景的不同,从不同角度给出对工业 4.0 理解,也属于正常现象了。另外,德国人认为第四次工业革命,是工业革命的第四个阶段,既然是阶段,就应有累计效应,应该包容前三个阶段的成果,在没有明确什么是工业 4.0 的前提下,国内实践中将机器换人、建设自动化生产线等现阶段技术已经相对成熟的工作,挂上工业 4.0 的标签,也很难说其绝对有问题。事实上,在工业 4.0 发源地的德国,同样也存在这样的问题。在

工业 4.0 平台的官网上，就赫然列出近 200 个使用案例。

2013 年白皮书的发布，标志着工业 4.0 作为德国国家战略已经成熟。既然是一种战略，要求其描述具体、精准，显然是一种苛求。需要强调的是，说工业 4.0 是一种战略，是因为，其并没有给出清晰的技术实现途径。而没有能给出清晰的技术路线，是因为现有的集成技术、安全技术、商业模式以及法律法规等方面，还不足以支撑其战略的落地，要实现这种战略，还需要进行大量方方面面的研发工作。

2016 年 1 月工业 4.0 官方发布了报告《实施工业 4.0 战略》。个人认为，这个报告是工业 4.0 从战略规划转变为战术行动的一个阶段性成熟标志。报告的文字描述、内容的可读性、逻辑的连贯性、技术含量等，与 2013 年的报告相比高出了不少，拼凑的痕迹大为减少，同时也修正了某些不切实际的表述。大概是，执笔人更换的缘故，另外也是对问题的理解逐步深化的缘故。

其给出工业 4.0 的定义如下：术语工业 4.0 代表第四次工业革命，是与产品生命周期相对应的整个价值流的下一阶段的组织与控制方式。这个产品生命周期，是基于不断增加的个性化客户期望，范围从产品初始想法、订单、

开发、生产、交付给终端用户，到回收以及相关服务。这里的要点是，价值创造过程中涉及到的全部实体连入网络，全部相关信息可以实时获取，进而在所有时间都能获得最好的可行的价值流成为了可能。将人、对象与系统连接起来，会导致我们可以创建动态的、自组织的、跨机构范围的、实时优化的价值网络，这个价值网络可以依据一定范围内判据，如成本、资源的可用性以及资源的消耗等，进行优化。

2016 年的工业 4.0 的定义，比 2013 年的定义，理解起来要容易一些。但对于普通读者，仍是比较困难的一件事。因为，工业 4.0 总体上看是技术驱动的战略模式，属于自顶向下的灌输，而不是自底向上问题导向的，对于从事具体工作的企业、非专业人士，看得见，摸不着，理解起来，确实困难。在 2016 年，工业 4.0 的官方发布的工作报告《基于应用场景的研究路线图概貌》中给出了 9 个应用场景。当然提出这些应用场景，其目的是服务于工业 4.0 研究工作推进的需要，但同时也打开了普通读者进一步理解工业 4.0 的新视角。

2. 工业 4.0 应用场景概述

2016 年给出的应用场景，较

之前相比增加到了 9 个，命名也发生了变化（近期变为了 10 个）。

这九大应用场景如下：

● 订单控制的生产（OCP, Order-Controlled Production）。

● 具有适配能力的工厂（AF, Adaptable Factory）。

● 自组织适应性物流（SAL, Self-organising Adaptive Logistics）。

● 基于价值的服务（VBS, Value-Based Services）。

● 交付产品的透明性与适配能力（TAP, Transparency and Adaptability of delivered Products）。

● 生产中对员工支持（OSP, Operator Support in Production）。

● 用于智能生产的智能产品开发（SP2, Smart Product development for Smart Production）。

● 创新性产品开发（IPD, Innovative Product Development）。

● 循环经济（CRE, Circular Economy）。

这九大应用场景，基本上能够说清楚工业 4.0，是什么，要做什么，要取代什么，要研发什么样的新技术，现行法律法规要做出什么样的改变，对劳动力能力新需求，会取得什么样的益处等等。这些应用场景，无论是数量上，

内涵上，命名上，随着德国人的认识的不断深化，也处于不断的发展变化之中。

个人认为，最能表达工业4.0精髓的是应用场景——“订单控制的生产”和“具有适配能力的工厂”。这两个场景是理解其他七个应用场景的基础。为了避免误导读者，也为了减少读者查找原文带来的不便，首先给出原文翻译，请读者自行体会理解。个人认为，原文真的不好理解。之后，奉上自己的解读。出于篇幅的考虑，本文重点放在了“订单控制的生产”与“具有适配能力的工厂”这两个场景。

3. 订单控制的生产 (OCP —— Order-Controlled Production)

以下为报告的原文翻译，出于信息丢失而误导读者的考虑，尽可直译，读起来恐怕不那么顺畅，请读者见谅。

自治的且自动化的超出了工厂的边界的生产能力的互联，可以满足客户与市场需求。

当下许多产品以一种前所未有的速度不断地发生着变化。直到最近智能电话的显示屏仍旧是扁平的，然而，第一种曲面显示屏已经投入到市场中。当前，在汽车行业使用的材料系列，也在

不断地扩展，从铝到高强度的钢乃至纤维增强塑料，许多种类型的材料都在被使用。

创新与产品周期，正变得越来越短，新的生产技术对制造公司带来了压力，促使它们做出越来越快的相应，做出快速的投资决策，无论是对消费品还是对资产品。为了能够应对这种趋势，避免较长的投资决策，公司应该启动超越公司边界的生产能力网络的强化工作。

3.1 关键点

订单控制的生产应用场景描绘了一种灵活的制造配置。拥有一个超出工厂与公司边界的生产能力与产能网络，该公司将能够快速适应一个不断变化的市场和订单条件，进而能够充分利用现有生产设施的能力和产能。在这种情形下，一个网络向该公司自己所属的其它工厂提供益处，被用于发挥公司投资组合（特别是在生产方面）的价值，以应对快速变化的客户与市场需求。特别地，制造链被依据各种参数，如成本与时间，进行了优化。

就其核心要点，订单控制的生产，一方面是基于单个工艺步骤的标准化，另一方面是基于生产设施能力的自描述性。标准化允许自动的订单计划、分配与执行，因而考虑到了所有的生产步骤和要求的设施。这又使得将单

个的工艺模块更为灵活、比先前更早地组合起来成为可能，甚至引用了它们的特殊的能力。

在这方面，公司向其它公司提供它们的生产能力，因而增加了它们自己设备的利用率。其它公司可以按需访问这些能力，因而暂时扩展了它们自己的生产范围。这样做，可用生产能力得到更为有效的利用，订单的波动可能被平滑了。

目的是使将外部工厂连接到一个公司的生产过程中更为容易，尽可能自动化。特别地，这之中的定单配置过程应当被自动执行。

3.2 对价值链的影响

今天的相对刚性而分离的价值链上的公司间的协商关系，将被转换为一种相当碎片化的动态的价值链网路，它可以依据单个订单的需要发生变化。这既在水平方向上应用到了整个制造过程，也在垂直方向应用到了生产所涉及到的深度。制造公司将焦点放在了增值的步骤上，这使得它们有别于其他的竞争者。创建快速且全球化的客户—制造商关系，可能会导致不可预期的竞争情况，因为公司可以从订单到订单地改变它们的角色。动态集成生产能力，将导致更好的机器利用率，并且带来一个结果是减少了机械供应商的需求。

3.3 参与者的增值

一方面，制造公司能够依据需要内在地自动地扩展它们的生产能力和产能，通过利用外部的生产模块，没有投资的需要。这使得公司能够非常灵活地对变化的市场及客户需求做出反应。另一方面，在市场上提供它们机器的公司可以优化它们机器的利用率。

图1为订单控制的生产的价值网络。如果理解不了，跳过继续，后面有解读。

4. 进一步理解“订单控制的生产”

4.1 制造业产品价值链的演化

制造企业产品价值链的演化，大体上可以分为三个阶段。第一个阶段是局限于企业内部的价值链；第二个阶段是跨企业边界的静态价值链；第三个阶段，也就是现在所说的未来工业4.0的价值链，是跨企业边界的动态的自组织自治的价值链。需要强调的是，这三个阶段不是完全互斥的，在特定时空中，第一阶段与第二阶段存在着交叉，即使是在未来的第三个阶段，也会与第一阶段与第二阶段长期共存。

产品制造价值链，采用那种方式，取决于多种因素，产品本身限制，买方市场还是卖方市场，企业产品制造能力，资源获取能力，产品的技术含量，专业分工

协作，市场竞争的压力等等。

4.1.1 局限于企业内部的价值链

图2所示为局限于企业内部的价值链示意图。这一阶段价值链的特点是：所有增值活动都由制造企业自行完成；价值链是刚性的，如图2中直线箭头所示；价值链的集成是静态的，集成的手段大部分是人工，如图2中红

色箭头所示；少部分在计算机技术诞生后，通过引入MRP/MRP II等软件实现了计划、部件制造、总装等增值活动的集成，如图3中绿色箭头所示。

4.1.2 跨企业边界的价值链

图4为跨企业边界的价值链示意图。这一阶段价值链的特点是，增值活动超出了企业边界，产品可以由多个制造企业合作完

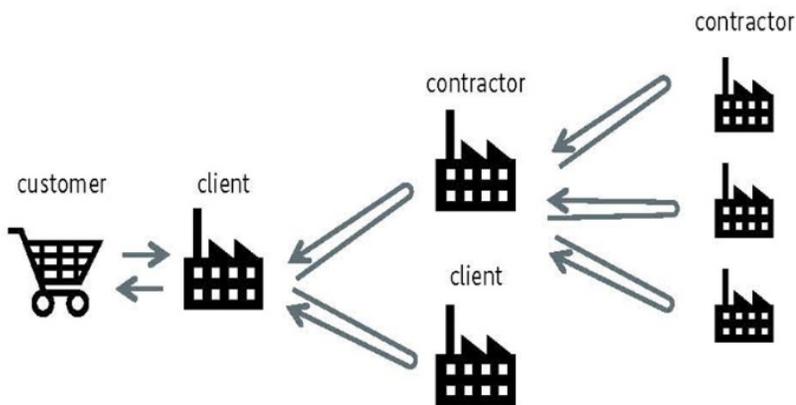


图1 订单控制的生产的价值网络



图2 局限于企业内部的价值链



图3 局限于企业内部的价值链

成；但价值链还是刚性的，如图4中实线箭头所示；价值链的集成依然是静态的，集成的手段少部分是人工，如图4中红色箭头所示，大部分是借助于信息通讯技术来实现，如图5中绿色箭头所示；诞生了ERP等管理软件，更进一步，出现了支持设计、制造、售后服务集成的CIMS。

大部分价值链集成工作采用信息通讯技术的根本原因在于，制造过程价值链管理的复杂度发生了量级上的飞跃，在各个增值活动之间需要交换的信息量大、种类繁多，而市场竞争要求的响应时间越来越短。

4.1.3 支持产品个性化定制的跨企业边界的动态价值链

那么下一阶段价值链的特点是什么？对了，就是工业4.0时代的全新的价值链——支持产品大批量个性化定制生产组织模式的跨企业边界的动态价值链，如图6所示。

这一阶段价值链的特点是，增值活动超出了企业边界，产品可以由多个制造企业协同完成；每一件产品都可以有自己独立的价值链，依据订单要求和下定单时的特定时空环境，动态生成该订单产品制造的价值链，也就是“订单控制的生产”的含义。这一阶段价值链如图6中的虚线箭头所示。这里，在产品没有制造

出来之前，你再也看不到之前在图中所见到的实线箭头所示的价值链，那是一条静态的与具体产品无关的价值链。

图6中示例的三个订单或三个产品分别有三条价值链，正常情况下价值链的数量等同于产品（订单）的数量，最终会形成价值网络是不言而喻的事；制造过程价值链管理的复杂度又提升了一个数量级；价值链仍然需要集

成，但人工已无能为力，只能基于信息通讯技术来实现。而且应当是新的信息通讯技术，因为现有的集成技术还不能支撑这种端到端工程集成。原因在于工业4.0要以近乎大批量生产的成本，实现产品大规模定制化生产，不实现这种端到端工程集成，不可能达成工业4.0这个战略目标。

这就是工业4.0定义中“与产品生命周期相对应的整个价值



图4 跨企业边界的价值链

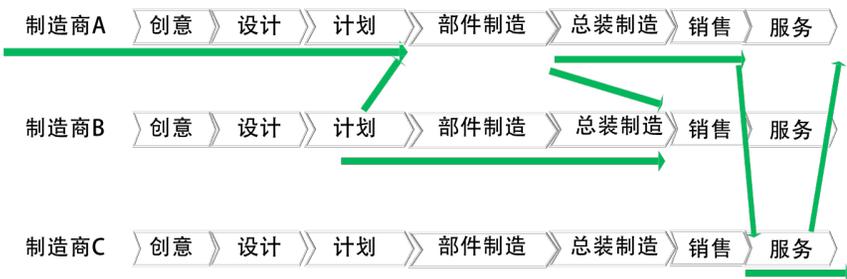


图5 跨企业边界的价值链



图6 支持产品大批量个性化定制生产组织模式的跨企业边界的动态价值链

流的下一阶段的组织与控制方式”的深刻含义。

4.2 自组织、自治的价值链

工业 4.0 时代的价值链，是自组织自治的：是在订单确定后，在所有可行的价值链中，依据判定规则或商业模型，选出来的最好的一条价值链。在价值链选定后，依据商业模型完成协作合同的签订，然后进行生产。

我们以设想出来的一个未来的自行车制造过程为例进行说明。一个自行车制造厂商，除了车把之前，其余部件均批量采购，然后组装。自行车车把（图 7），可以按用户需求进行个性化定制，可以选定铝管、碳纤维塑料等材料，也可以在一定约束条件下指定车把的外观形状，但要保证受力的优化分布。

图 8 为设想中的自行车制造价值链。其中的中介服务是一个设想中的新角色，是一种新业态。

价值链的创建步骤大致如图 9 所示。

首先使用产品配置工具，辅助用户完成自行车的定制过程。

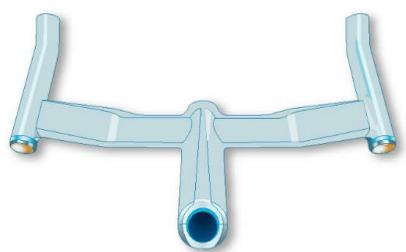


图 7 自行车车把示意图

车把除了提供标准型号供用户选择之外，还可以按用户要求进行定制，但要确保用户定制的车把，是合理的可行的。

自行车制造商使用配置工具收集好用户的定制需求后，以机器可读可理解的形式，连同期望的价格和交货期等数据，传递给中介服务商，由中介服务商查找具有响应能力的供应商，过程见图 10。

自行车制造商收到中介服务商预选定的供应商后，使用算法选定成交供应，过程见图 11。

自行车制造商自动将合同授予供应商，供应商接受该合同，过程见图 12。

供应商制造完成车把后，并将车把交付给自行车制造商，过程见图 13。

强调一下，这个过程，是在软件系统支持下，自组织、自治完成的。

在通过这个例子进一步理解什么是工业 4.0 的同时，也要关注一下实施工业 4.0 我们将面临的各种挑战：标准、研究、安全、法律、劳工与技能等方面。

上述过程中，各参与方之间交换的电子数据的完整性、时效性和权威性的保证，以及自行车制造商的知识产权的保护，非常重要，是合同能够被成功授予供应商的前提条件，这是工业 4.0 的安全问题。

自行车产品价值链，需要依据商业模型，动态自组织完成，工业 4.0 的商业模型研究问题：

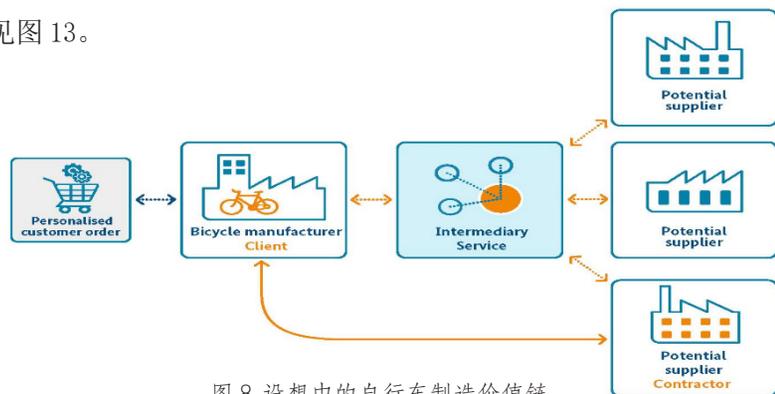


图 8 设想中的自行车制造价值链

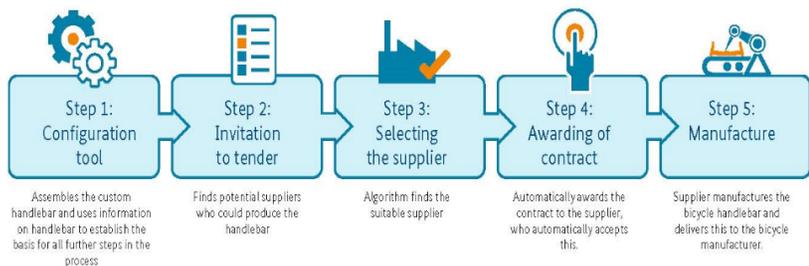


图 9 自行车制造价值链的创建步骤

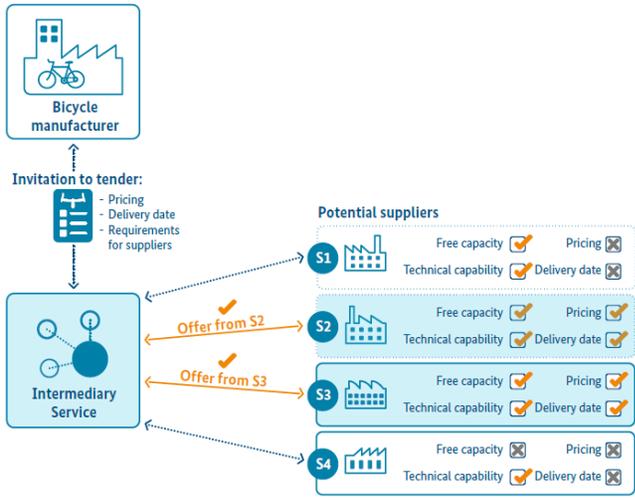


图 10 自行车定制生产过程示意图

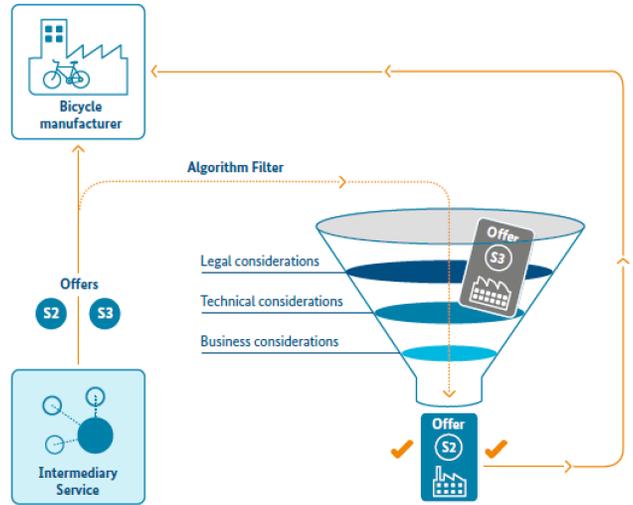


图 11 自行车制造商选定供应商

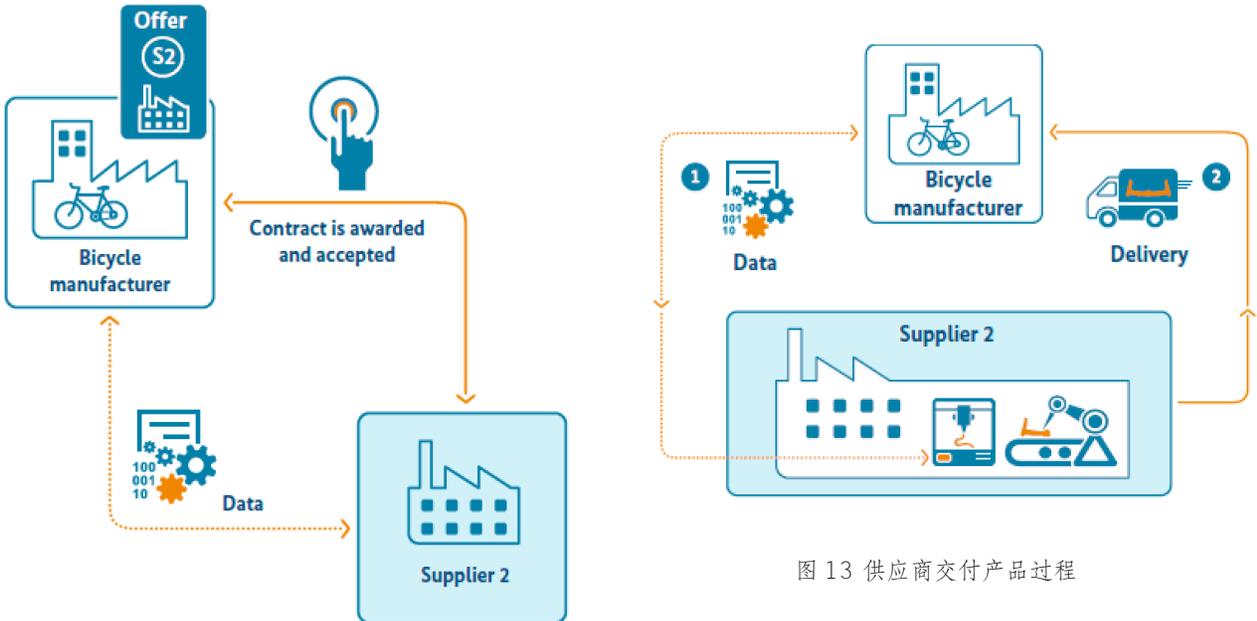


图 12 自行车制造商与供应商签订合同过程

发包方与承包方的合同关系是动态生成的，这种合同关系，恐怕还不为现有的法律法规体系所支持，这是工业 4.0 的法律法规问题。

个性化定制的车把，对制造工人的技能要求更高，需要给工

人更多的培训，需要给工人提供更强大支持工具，这是工业 4.0 的劳动组织与技能问题。

4.3 端到端工程的集成

端到端工程集成，恐怕是工业 4.0 中，最让人难以理解的地

方了。

这里的端到端，应当理解为，从产品订单，经过创意、设计、制造、售后服务，到回收，这样一条动态创建的价值链的端到端，理论上可以有无数个端到端。这种端到端的

集成需求，前所未见，闻所未闻。要实现这种端到端的集成，应该研究新的集成方法。工业 4.0 参考模型、标准、语义等方面的研究工作服务于这一目标，而工业 4.0 组件管理壳概念的提出，是向端到端集成这一目标迈出的重要一步。

而基于工程的集成，则是因为工业 4.0 时代，产品是个性化定制的，每一个产品或多或少都需进行设计，要遵循产品研发的工程过程，当然包含制造已开始后的变更。工程的结果（电子文档、产品模型、制造工艺等），为价值链中每一种价值增值活动所必须。应该有一个服务于价值增值全过程的产品工程模型。

总之，实施工业 4.0，现有的条件还不具备，还需进行大量的创新性的技术研究，还需在法律法规、安全、劳动力与技能等方面做出重大改变。

图 14 为其给出的研究路线图。

图 15 为 9 个应用场景与研究路线图的关系。

5. 具有适配能力的工厂——企业内部外部价值链一体化

除此之外，工业 4.0 还有更大的抱负。期望这种动态价值链，不仅存在企业之间，还要进入到企业内部。在企业内部，依据标



图 14 工业 4.0 的研究路线图

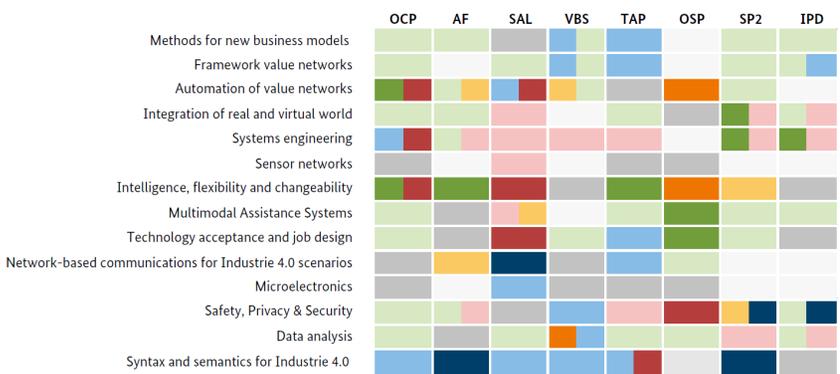


图 15 应用场景与研究路线图之间关系图

准工艺步骤，将生产过程模块化，这些标准模块，可以参与到跨企业边界的动态价值链中，发挥其应用的作用，这就是应用场景——具有适配能力的工厂，所描绘的。

该应用场景英文翻译如下：

即插即生产——在工厂内可适应性的制造配置，以快速改变生产能力和产量。即插即用——使用一台家用计算机和一条 USB

电缆，非常容易地就可以连接新设备，并几乎立刻就可以使用该设备，而没有任何额外的努力。这种灵活性，在台式计算机上已经存在相当一段时间了，此刻在工业生产方面开始变得也越来越重要了。

就生产基础架构而言，适配性的需求一直快速增加。越来越短的产品周期和革新周期，带来

对新生产设施投资决定的需求，这反映了对生产和过程变化以及任何可能的地方的未来需求。此外，不断增长的订单违约，带来了不断增加频次地阻碍了制造线的优化使用。灵活性和适配性将成为越来越重要的决策判据，当考虑新的生产设施建造和运营时。

一个例子是产品标识。存在各种各样的打印技术，例如，棉条打印机、喷墨打印机以及激光打印机。在一个适配性工厂里，这种类型的操作设备可以被直接连接到自动化的过程里。例如，把材料简单地放下后，被打印的材料说：“打印我”，然后棉条打印机将问道：“这个材料是无油脂打印吗？”。喷墨打印机然后询问材料特征，应为它使用加热来完成干燥过程。激光打印机则会询问材料是否能保证足够的对比度。

5.1 关键点

可适配工厂应用场景描绘了一个制造设施的快速（在某些情况下是完全自动化的）转换，通过既改变生产的产量能力，也改变生产的产品品种的潜能。

实现可适配工厂的关键点是一种模块化进而可适配的工厂内制造设计。智能化的并可互操作的模块（该模块基本上可依据修改后的配置自己进行适配），以及这些模块之间的接口，允许快

速且简单的转换，以适配市场和客户要求的变化。当订单控制的生产场景借助于智能连接，将重心放在了现有制造设施的灵活使用上时，可适配工厂场景则通过（物理上）转换，描绘了单个工厂的可适配性。

如今，当创建一条生产线时，焦点通常不再仅仅是质量，也包括一个预想的产品范围的生产效率和利润的最大化。各个独立的组件被静态地连接起来，能够产生预想的功能和预估的数量。常常是，一个系统集成者关注于独立组件协同，进而为整个工厂开发出一个控制系统。但是，如果订单是被强产品个性化驱动的，或者是被需求的高波动驱动的公司可能不再会依赖特定生产线的优势。在此情况下，模块化的、面向订单的、可适配的制造配置，变得更加具有吸引力。例如，他们能够增加总的利用率或交付产品的能力。但同时，对个性化机器/制造模块的要求也增加了。甚至，比特定制造步骤高度差异化更为重要的是，将单个模块容易且在任何情况下组合起来的能力。为了能够达到这一点，模块必须包含关于被非常快速与健壮地组合或转换为一台机器或工厂的能力的自描述。下面的例子解释了这些要求：

● 一个新的网络使能的现场

设备，例如一个带新固件版本的驱动器，被连接到生产线上。这个新设备必须被自动提供网络连接能力，且被所有在线子系统所知道。参与的子系统必须进行相应的更新。

● 一个未被配置的现场设备被引入生产中，例如要快速替换另一个有缺陷的设备。这个现场设备，现在必须被个性化且参数化，依赖于软件组件中的信息。

● 一个生产设施被转换或修改了，由于某种新产品的差异被规划出来。与变化相关的控制与软件，必须被检测到且自动地被传送给所有参与的系统。

● 在一个工厂被转换后，它应该能够移动，用于过程管理的软件组件，到分散的控制单元，同时遵循某些判据，如输出或可用性。

● 一个MES（新）功能被加入或修改了，如某种先前不被要求的可视化。这种可视化应该被自动完成，且访问来自现场级别的必要信息也应该是自动授予的。

这要求机械工程师有依据地设计内部的开发过程。模块化的机器要求模块化的工程设计，基于可重用模块库（平台化开发）。机器的架构必须被这样设计，以便可组合的机电一体化的模块可以被创建出来，包含了生产模块的即插入即生产能力，使用可互

操作的接口和适配性自动化技术。这要求“服务”概念的进一步拓展，跨越制造商的边界，诸如归档，告警或可视化，还必须具有一种低成本的与 MES 功能的集成。

5.2 对价值链的影响

增值工作被从系统集成者转移到了机器提供者或供应商，因为机器或组件已经被增强了，以至于它们更容易的集成起来。系统集成的类型和质量变化了。当前（生产）技术的焦点，转移到了对与生产过程相关联的组织和业务过程方面的一个更强力的关注。在极端情况下，系统集成者很可能被淘汰，如果智能的、自配置和互操作的制造模块被在机器提供者的层面上创造出来的话。

5.3 参与者的增值

对于制造公司而言，如果一种快速、廉价并可靠的制造转换成为可能，那么他们可以对客户与市场需求的变化的快速响应，

不断增加的标准化和模块化，也扩展了将各种供应商的制造实体组合起来的可能性，进而找到每个单独模块最经济的解决方案。

机器的模块化开辟了机械制造商的规模化的新时代。

图 16 为具有适配能力的工厂的价值网络示意图。

具有适配能力的工厂，是除了应用场景——订单控制的生产之外的最能体现工业 4.0 精髓的应用场景。其要点是采用计算机行业通行的即插即用的方法，来大幅提高工厂设备、生产线等基础设施的柔性化水平，更深层次的想法是在更大范围提升企业参与工业 4.0 时代产品动态价值链的能力。

具有适配能力的工厂，在工业 4.0 时代，由于要支持大批量个性化定制的生产组织模式，是必须的。但对工业 3.0 时代的多品种小批量的生产组织模式而言，

它同样是赢得市场竞争的利器。这个场景，应该是现阶段，从事自动化、机器人、生产线、设备制造、数字化工厂等方面的人士重点关注的地方。

6. 其他应用场景

除了订单控制的生产之外，还有 7 个场景，它们逻辑上依赖于上述两个场景，是工业 4.0 时代大批量个性化定制的生产组织模式所必须。个性化定制的生产模式，价值链是动态的，物流也必须是动态的。产品是个性化的，无论是设计过程、制造过程所需的各种设施，还是之后的服务过程，都需得到比以往更多的技术支持，来实现这种个性化。企业从以生产为中心的组织模式，转变为以个性化产品为中心的组织模式。产品智能化本身，就是对这种全新生产组织模式最好的技术支持。

需要强调的是，场景——基于价值的服务，从解决问题的角度看，与 GE 的工业互联网存在着一些交集，都与服务有关。区别是，工业 4.0 中的基于价值的服务，更强调的是服务价值链上的分工协作、价值链的变革、价值链上出现的新业务模式。而 GE 工业互联网，根本目的是要企业设备等重资产利用率提升与运行成本降

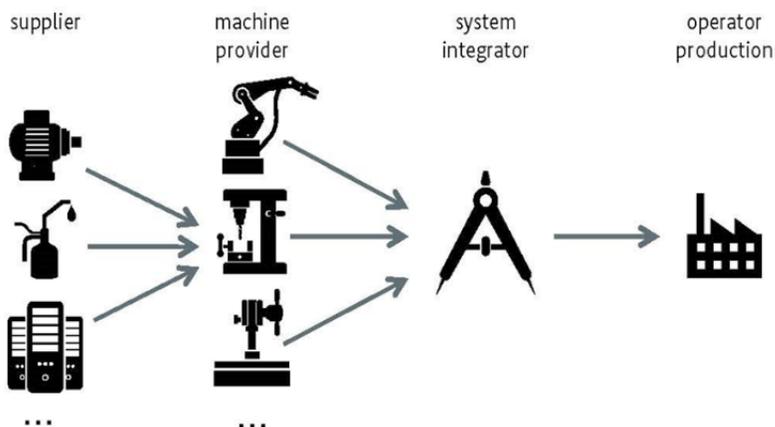


图 16 具有适配能力的工厂的价值网络

低，这一目的，是要通过“智能设备+数据采集+平台+智能数据分析”这一具体的技术路线来实现，是服务的一种具体实现手段。所以二者之间，存在互补性，是 IIC 与工业 4.0 可以合作的地方之一。此外，基于价值的服务，与国内当前所提倡的服务型制造或制造业服务化，有异曲同工之处。关于基于价值的服务，感兴趣的读者，可以参考杨晔、林雪萍两位的《德国从工业 4.0 的角度看工业互联网》一文的介绍。从应用场景方面来看，个人认为工业 4.0 比 GE 工业互联网有更大的作用域。

鉴于篇幅的关系，其余的应用场景的解读，恕不能一一展开了。需要强调的是，其他应用场景，在现阶段，或多或少都能找到它们的身影。区别是，在工业 4.0 时代，这些场景是必须的，都要参与到，以实现大批量个性化定制为目标的，企业动态、自组织、自治的价值链中。

7. 工业 4.0 体系中的四次革命论

具有讽刺意义的是，德国人提出的工业 4.0 战略，四次革命提法的影响力，远远高于工业 4.0 要做事情的本身的影响力，在全

世界特别是在国内，赚足了眼球。是不是也间接地说明了国内的人心浮躁？

7.1 第四次工业革命还是一种愿景

四次工业革命论，如图 17 所示。

四次革命的提法，只是德国人自己的观点或逻辑推演，并没有得到科学的验证。至少不如 GE 工业互联网理论体系中给出的三次革命论，还可以通过经济增长 GDP 数据来验证革命是否发生，更为科学一点。虽然本人直觉上大体上同意这种四次革命的划分，但需要强调的是，工业 4.0 是德国未来的场景，严格来讲，第四次工业革命是一种预测、一种期待、一种愿景，而不是当下已经发生的事实。

7.2 四次革命划分的标准

从理论上，德国四次工业革命的划分，标准不统一。第一次工业革命是蒸汽机驱动的机械化，第二次工业革命是电力驱动的基于劳动分工的大批量生产，第三次工业革命是使用了电子与 IT 技术的更高层次的自动化，第四次工业革命则基于 CPS。这里，既有基于技术手段的划分，也有基于生产组织方式的划分。标准的不统一，显得这种划分科学性不高，人为的因素或主观随意性太强。

特别是将 CPS 作为第四次工业革命的标志，让人觉得更加不科学了。虽然 CPS 这一概念推出不久，但使用 CPS 技术的事实，在从事嵌入式系统的工业控制行业，在从事 PLC 应用或基于微处理器应用的自动化行业，早就存

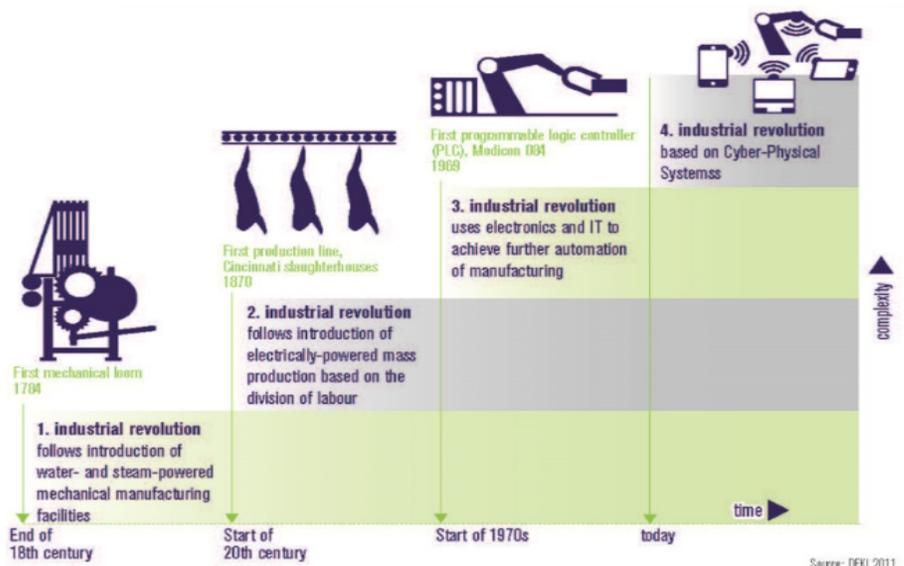


图 17 四次工业革命

在了。说工业 4.0 基于 CPS 这一结论没有错，但只是一个必要条件，并不是充分条件。

在国内，还有各种各样的观点。如，第四次工业革命，是智能革命，是物联网技术在制造业中的应用，是人工智能在制造业的应用，或新一代人工智能技术在制造业中的应用等。这就是依据特定技术，进行革命划分所带来的不唯一性问题。哪一个都有其合理性，哪一个都正确，但哪一个都不完整。

工业革命，固然发源于技术，但技术手段只是一种外在的动力。市场需求的变化，才是技术大范围大规模使用的内在动力。只有两者之间进行融合，形成了相对固定的生产组织模式，才是革命到来的真正标志。

或许，依据是否形成特定的生产组织方式来进行工业革命阶段的划分，比单纯依据某种技术手段的使用来进行工业革命的划分，更为科学一些。如果将有组织的生产模式（现代意义上的工厂）、大批量生产模式、多品种小批量生产模式（大规模定制）、大批量个性化定制生产组织模式的出现，分别作为四次工业革命出现的标志，更为科学一点。

7.3 工业革命的四个阶段

与其说四次工业革命，倒不

如说是工业革命的四个阶段更为准确。建议仔细思考一下德国四次革命图的画法，台阶式。其深层次的含义是工业 1.0、工业 2.0、工业 3.0 乃至工业 4.0 对应的生产组织模式，在市场上将长期共存。既有取代，也有继承，是一种增量式的取代与继承。

从历史上看，每一次工业革命，都会带来一种全新的生产组织方式，外在动力是市场竞争的需要。在产品处于卖方市场阶段，工业 1.0 的组织方式就可以满足市场需求；工业 2.0 的大批量生产组织方式，可以降低产品价格，进一步刺激市场需求。在产品处于买方市场阶段，工业 2.0 可以降低产品价格、提升产品质量，也是一种赢得市场竞争的重要手段。当不同厂家的产品功能、质量、价格接近后，工业 3.0 追寻的多品种小批量的生产组织模式（精益生产——追求以大批量生产的成本与质量，实现多品种小批量的生产组织模式），则是赢得市场竞争的重要武器。当市场竞争进一步加剧，工业 4.0 的大批量个性化定制的生产组织模式，则是一种历史必然的选择，即将出现在历史的舞台上。

所以，“工业 2.0 补课、工业 3.0 普及、工业 4.0 示范”这一观点，具有战略上的重要意义。

但在战术上，特定企业应当根据自己所生产的产品在市场竞争中所处的阶段，或预测将要进入的市场竞争阶段，来选择不同的竞争策略。能够解决企业面临的实际问题，才是永恒的选择标准。

大体上，个人认为，手工艺品还是采用工业 1.0 模式为好，采用工业 0.0 也没问题。制造业中的标准件，采用数字化技术支持的工业 2.0 生产组织模式足以。工具性质的产品，如汽车，采用工业 3.0 的生产组织模式为合适。而直接面向人类消费的产品，如服装，或许是采用工业 4.0 生产组织模式的最佳场景。当然，还有众多产品，近乎属于单件生产的飞机、高端装备，到底适合采用哪一种生产组织模式，还需要我们探讨、思考。基于企业的实际需求，找到、提出或创新出适合于企业自身特点的生产组织模式，才是永恒不变的真理。

8. 个性化定制

“产品个性定制”这个词，现在用得比较多，大体上有三种含义。

一种是将产品进行模块化设计，通过组合，生产不同规格的产品，向市场销售。用户在购买时进行选择。

第二种是，由最终用户在经销商处，自行选择产品组件，完成产品配置，厂家完成制造后，交付用户。

第三种是，在互联网上，使用厂商的产品配置工具，自行选择产品模块化部件，甚至可以在网上完成支付，厂家完成制造交付。现在有一个非常时髦的专有词汇来描述——C2M 或 C2B，这种模式在厂商内部的制造环节，与第二种模式区别不大，可以称为个性化组装，也可以称之为大规模定制。

最后一种是，工业 4.0 所追求的大批量个性化定制。即每一件产品一定要具有用户要求的独特的个性化特征，这种特征必须通过产品的设计来实现。而且，产品的制造成本，要接近大批量生产时的制造成本。这种定制，不借助于动态、自组织、自治的价值链，恐怕难以实现。

9. 工业 4.0 与工业互联网、IVI、智能制造的比较

总体上看，这些理论体系，都源于两化融合这一思路，但要解决的问题不同，目标有所差异。

GE 工业互联网要解决的是，设备等工业重资产的使用效率及运行成本问题，是经过实际工程

应用验证过的、此刻可以进行推广的、已经在路上的思想体系。工业 4.0 是要建立面向未来的、用于赢得市场竞争的、全新的产品制造价值链体系。其复杂度、困难度，无与伦比。GE 工业互联网要解决的问题与工业 4.0 相比，小巫见大巫。但 GE 工业互联网，却给出了一条明晰具体可行的技术路线。而工业 4.0，还在探寻的路上。

日本的工业价值链——IVI，是要建立企业间的产品制造价值链，并将这种价值链延伸到企业内部，实现“互联工厂”，与工业 4.0 相比，都是将着力点放在了价值链上，但没有强调的是动态、自组织、自治的价值链，所以是一种大体上利用当前的 ICT 技术就可以完成的思想体系。

AIJ 工业互联网，是要基于互联网，实现全要素、全产业链、全价值链的全面连接，形成全新的工业生产制造和服务体系。实际上也关注了价值链集成，与工业 4.0 与 IVI 有异曲同工之处。区别是没有明确强调，是支持大批量个性化定制生产组织模式的动态、自组织、自治的价值链，是一种大体上现阶段就可以实施的计划。

智能制造呢？包含的内容太多，太宽广。现实是，既可以指

当下，也可以指未来；既可以指企业内，也可以指企业外；既可以指设备，也可以指管理；既可以指生产，也可以指设计；既可以指制造，也可以指服务；既可以是局部，也可以是整体。不知道从什么地方下手进行比较。但有一点可以明确的是，一定属于两化融合的技术范畴。

10. 后记

个人最初对工业 4.0 的了解，是始于 2013 年的白皮书，读完之后，有些问题，百思不得其解，特别是对端到端工程集成的提法，认识上模模糊糊，初期认为不过是又一种披上“革命”马甲的理论体系而已。对工业 4.0 的更深入理解，始于应用场景。理解了场景，从逻辑上，才想清楚了工业 4.0 到底要做什么，才体会到了 2013 年白皮书中提到的工业 4.0 确定的 8 大研究主题背后的深刻原因及必要性；体会到了工业 4.0 生态创新、商业模式创新、劳动力组织创新等提法的深刻含义；体会到了战略制定者对德国制造业未来的忧患意识、视野的前瞻性、历史责任感；体会到了战略制定者的务实、严谨、科学的态度；体会到了战略制定者的横跨产品制造、复杂系

统管理、信息通讯等技术的渊博的学识；更体会到了，德国人设想中的，将其国内那些隐形的冠军们，通过价值链灵活地组织起来，通过“打群架”或“集团军”的方式，赢得国际市场竞争的即深远又现实的意义。虽有瑕疵，但瑕不掩瑜。

理解了场景之后，第一感觉，德国人有点异想天开、脑洞大开，有点像看科幻片带来的那种魔幻般的感觉。依据个人多年来的实践经验，建立起企业内部与企业之间的静态价值链，都相当困难，而工业 4.0 却试图建立动态、自组织、自治的价值链，重塑现有的制造组织体系，想都不敢想。但如果工业 4.0 能够成功，毫无疑问，德国的制造业整体上，将会继续长期屹立于世界民族之林。

理智思考之后，个人认为，在没有出现颠覆性的新技术前提下（如 3D 打印技术），在现有的制造模式大体保持稳定的前提下，德国人提出的工业 4.0 有希望成功。但要想达成，支撑大批量个性化定制产品这一生产组织模式的全价值链自组织、自治这一目标，恐怕真得需要德国人所声称的数十年，虽然其研究路线图已规划到了 2035 年。

工业 4.0 时代，还没有到来。

但德国人，已经在奔向工业 4.0 的路上了。这条路有多长，走起来有多痛苦，是否能够走到终点，时间会给出答案，我们翘首以待。但这个努力过程，做的是前人未曾做过的事，期间的创新工作，一定会硕果累累，无论工业 4.0 是否最终成功，这些工作应当是也必须是国人要重点关注的。这些工作，在未来工业 4.0 时代，是必须的，但在现阶段，工业 2.0 到工业 3.0 时代，也是赢得市场竞争的利器。

让我感到十分困惑的是，在工业 4.0 的官方平台上，开辟了一个栏目，给出了约 200 个左右的工业 4.0 使用案例地图，工业 4.0 已经实现了？怎么与工业 4.0 平台在正式官方文件中预估，存在这么大的差距？但详细看看标题下的文字，应该是指数字技术在工业中的使用，看了几个案例英文版的简单介绍，理解的没错！看来，德国人也会碰瓷。也许，德国人的心态也开始焦虑起来了，一下搞出这么多的案例来。

再强调一下，个人理解，如果依据工业 4.0 官方文件，完整的意义上，工业 4.0 是指支持大批量个性化生产模式所需的动态、自组织、自治的全新的价值链；而不完全意义上，工业 4.0 至少也是指采用了工业 4.0 特有

技术的、实现了部分工业 4.0 特征（应用场景）的实践。关于如何判定一个产品是否是工业 4.0 产品，参见工业 4.0 官方报告《工业 4.0 产品需要满足那些判据指南 2019》。

对工业 4.0 的理解，仁者见仁，智者见智。在当前对工业 4.0 概念理解还不够深入、不够一致的情况下，给出理解工业 4.0 的新视角——应用场景，是本文的目的所在。听其言，更要观其行。对工业 4.0 最权威、最全面的理解，一定是工业 4.0 平台发布的官方文件。依据二手材料，可能会有偏颇。而盲人摸象似的理解，更不可取了。在全面完整地理解了工业 4.0 后，至少，不会得出“工业 4.0 也就是工业互联网”、“一个始于 90 年代的工业 4.0 成功实践”等等这样的自娱自乐碰瓷式的论断了。西门子的两个标杆工厂，德国安贝格工厂和成都工厂，在西门子官方文件，称之为数字化工厂，而不是工业 4.0 工厂，反映出西门子的严谨性。

结论很重要，但思考问题的方式方法更重要。MT

（本文的观点仅代表作者个人，不代表任何单位、组织，欢迎批评指正。邮箱为 penghui@sia.cn，微信号为 penny4972818。）

智能制造 全球合作共赢

——第七届智能制造国际会议在京召开

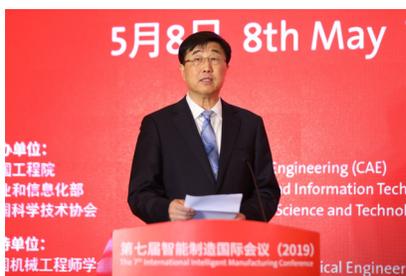


会场

由中国工程院、工信部、中国科协共同主办的第七届智能制造国际会议（2019）于5月8日下午在北京展览馆召开。本次会议由中国机械工程学会、中国科



李培根理事长主持会议开幕式



宋军书记致辞



Robert Dieter 先生致辞



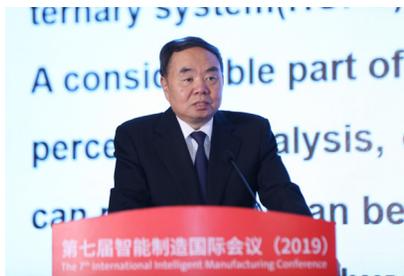
Reinhard Heister 先生致辞



郭东明副理事长主持主旨报告会



苗圩部长做报告



周济荣誉理事长做报告

协智能制造学会联合体、德国机械设备制造业联合会、中国工程科技知识中心制造业分中心、汉诺威米兰展览（上海）有限公司承办，美国机械工程师学会给予会议大力支持。

出席本次会议的嘉宾有工业和信息化部部长苗圩，中国工程院院士、中国机械工程学会荣誉理事长周济，中国科协书记处书记宋军，中国工程院院士、中国机械工程学会理事长李培根，中国工程院院士、大连理工大学校长、中国机械工程学会副理事长郭东明，德国驻华大使馆公使衔经济参赞 Robert Dieter 先生，德国 VDMA 电气自动化协会会长 Reinhard Heister 先生，中国机械工程学会常务副理事长张彦敏，中国机械工程学会副理事长兼秘书长陆大明以及来自中国、美国、德国、日本、英国、法国等上百家机构的 500 余名专家学者、政府官员和企业家共同出席了会议。

会议开幕式由中国机械工程学会理事长李培根院士主持，中国科协书记处书记宋军代表中国科协致辞、德国驻华大使馆公使衔经济参赞 Robert Dieter 先生与德国 VDMA 电气自动化协会会长 Reinhard Heister 先生也分别发表了致辞。

在开幕式上，苗圩部长、周济荣誉理事长、宋军书记共同发布《中国智能制造重点领域发展

报告（2018）》。

主旨报告会由中国机械工程学会副理事长郭东明院士主持，苗圩部长做了题为“抓住新工业革命机遇 推动智能制造发展迈上新台阶”的主旨报告（报告全文见本期第 1 页）。周济荣誉理事长做了题为“面向新一代智能制造的人 - 信息 - 物理系统（HCPS）”的主旨报告。

随后，EPLAN 全球总经理



苗圩部长、周济荣誉理事长、宋军书记共同发布《中国智能制造重点领域发展报告（2018）》



Haluk Menderes 先生做报告



福田敏男先生做报告



Andrew Kusiak 先生做报告



Tim Minshall 先生做报告

Haluk Menderes（报告题目：全球化视角及价值链数字集成）从全球化合作共赢、机电一体化系统工程以及价值链的数字化集成三个方面分析了当前企业的发展及转型趋势。他在报告中提到，苹果公司通过打造全球化供应链，将设计部分留在加州总部，而采购、制造和仓储分布到全球，利用较低的外包制造成本获取利润的最大化，从而实现了全球合作共赢。机电一体化系统工程非常复杂，而支撑数字工厂要通过机电一体化软件平台。这一平台可以使生产或制造更加智能化，比如现在的机器学习、数据的整合、人工智能技术的应用等。为推动构建数字化工厂，就必须打通从设计、采购、制造到交付的

全数字化价值链，在这一过程中企业需跨越软硬件边界、跨学科整合以及规模化和系统化的交互协作，而这正是 EPLAN 的核心优势。

日本工程院院士、中国科学院外籍院士、IEEE 候任主席福田敏男（报告题目：机器人：机器人与人、现在与未来）的报告主要涉及微观纳米机器人方面。他提到了如何在微观世界控制纳米机器人实现预定功能以及纳米机器人在医学领域的应用等方面。

美国爱荷华大学教授、JIM 主编 Andrew Kusiak（报告题目：智能制造趋势和技术）认为，新兴技术的不断发展，使得整个应用环境、制造环境或智能制造有了非常大的变化，实施智能制造

要注意数字化和互联性的问题，还要使设计和制造融合起来，让设计更好地为制造服务。未来，制造有两个最基本的趋势：一个是融合式的制造，另一个是开放式的制造，这与以前中心化的制造是完全不一样的。

英国剑桥大学制造学院院长 Tim Minshall（报告题目：智能技术时代下的新兴技术）简要介绍了剑桥大学制造学院的情况，并从第四次工业革命技术实例 3D 打印、智能制造时代需要新技能以及新技能的发展和培训方面分享了自己的观点。

四位嘉宾分别从不同的角度阐述了智能制造的现状与未来。

智能制造国际会议是由中国机械工程学会发起策划并承办的系列国际会议，已连续举办了 6 届，每一届会议的主题都紧密结合当年行业的热点话题，引领行业发展趋势，交流企业智能制造案例，在拓展与会者的感知、理解、执行和学习能力的同时，促进了智能制造领域的科技创新。

本次会议还包括了“2019 智能制造科技进展‘双十’论坛”、“2019 先进智能制造技术发展研讨会”及“第八届物流装备绿色与智能技术发展研讨会”。MT

2019 智能制造科技进展 “双十”论坛在北京召开

2019年5月8日，由中国科协智能制造学会联合体和中国机械工程学会共同主办的“2019智能制造科技进展‘双十’论坛”在北京展览馆报告厅召开。这是一场产学研大联合的务实会议。

来自国内外企业、科研院所、行业协会、协会的近300名智能制造领域专家，齐聚一堂，共同就智能制造发展的新技术、新趋势，以及智能制造实践案例进行探讨交流，共同推进“企业智能转型

升级”。

中国科协学会学术部副部长陈锐到会致辞；中国工程院院士、欧亚科学院院士、中国人工智能学会理事长李德毅先生出席论坛并做主题报告；中国科协调研宣



2019 智能制造科技进展“双十”论坛现场



陈锐副部长致辞

传部副部长吴善超、中国机械工程学会副理事长兼秘书长陆大明等出席论坛。同济大学教授、中国机械工程学会理事陈明主持本次论坛。

“双十”论坛的规模化

2019年的“双十”论坛继续加强企业与企业、企业与研究院所、企业与政府之间对于实施智能制造的交流与合作。本次论坛不仅邀请来自地方产业部门的领导，如山西省工信厅、太原市科技局等，还邀请入选2017年、2018年智能制造科技进展的优秀企业，如施耐德、东芝、日电信息系统、三菱电机、菲尼克斯、达索析统、库道斯软件、雄克精密机械、华为、西电、青岛港、海尔、中科院电工所、北京精雕、无锡中车、中国农机院、宝沃、立达纺织、南开大学、万丰锦源、上海兰宝传感等企业和高校，同



陈明教授主持论坛

时，也邀请中国航发集团、中国兵器工业集团的领导、专家共同交流。

中国科协学会学术部陈锐副部长寄语“双十”论坛：自2017年开始，世界智能制造十大科技进展和中国智能制造十大科技进展已成功发布两届，入选的智能制造科技成果在解决智能制造领域技术难点和行业热点问题，提升劳动生产率和投资回报率，改善生态环境和生活环境，促进行业创新能力和竞争力提升等方面都产生了较大影响。

由中国科协倡议成立的中国科协智能制造学会联合体自2016年以来致力于搭建智能制造领域协同创新、联合攻关、资源共享的平台，着力在研判智能制造领域科技发展重要趋势、推动智能制造领域高水平学术交流、科技成果转化、创新人才培养等方面发挥科协组织的重要作用，服务制造强国战略。特别是在智库建

设方面，中国科协鼓励智能制造学会联合体搭建智能制造产学研用交流平台，推动智能制造跨界跨学科跨领域的深度融通发展，也希望通过“双十”论坛的平台，在座的专家、学者、企业界的朋友们都能畅所欲言，深入交流，碰撞出新的智慧火花，共同推进智能制造的长足发展。

“双十”论坛聚焦智能制造新技术、新趋势

与会专家们聚焦智能制造新技术、新趋势，分别从人工智能技术在制造业的应用，如自动驾驶量产的技术路线，数字工厂的解决方案群，再到企业数据与管理的高效融合、大型复杂构件多机器人的协同作业，再到智能工厂的顶层设计，报告嘉宾结合各自智能制造的实施经验进行了深入地交流，给在座的企业家、学者很好地启示。

李德毅院士关注人工智能技术的发展，并结合自动驾驶发展的技术路线做了题为“自动驾驶量产之路”的主题报告。

李院士在报告中提到，全世界无人车的量产还没有开始，还



李德毅院士在做报告

是无人区。我国要想成为智能制造的顶梁柱，自动驾驶的量产很关键，首先要看哪个厂能生产1万台的无人驾驶车，甚至于更多。

李院士认为，自动驾驶量产的其中一个很重要的基本要素是“成本”。他认为到2018年自动驾驶量产科研探索期才刚刚结束，刚刚解决了原创成果的问题，可能要到2025年左右才能解决产品孵化的问题，真正规模化生产可能要到2025年-2060年。如何从现有系统的痛点切入，找到刚需的应用场景，当自动驾驶技术和商业应用市场投缘的时候才能擦除火花，完成孵化器的“惊险一跃”。

随后，李院士还分享了他对自动驾驶量产之路遇到的问题，诸如，技术、标准、产业链、道路测试以及管理等方面的看法。最后也对未来发展自动驾驶量产提出了建议。比如自动驾驶量产技术路线的制定，自动驾驶安全



戴高敏先生在做报告

等级的中国标准，优先发展商用自动驾驶车，优先开放测试区的自动驾驶地图等。

日电信息系统（中国）有限公司制造装置系统事业部总经理戴高敏做了题为“人工智能技术在工厂运营中的应用”的报告，和与会专家重点分析了 NEC 数字工厂的解决方案群。

戴高敏先生提出，NEC 公司在智能制造领域 NEC 精益制造共创协会，协会有 1000 多家会员，类似于今天的协会一样，以匠人精神精益制造为核心共同协作，活用 ICT 技术推进精益制造的不断发展，这是协会的宗旨。所以说，NEC 数字工厂的解决方案群是共创型的技术存在，跟 NEC 精益制造共创协会相辅相成。共同合作需要活用 ICT 的技术，企业推进智能制造需要形成协会，以共同体形式才能不断推进。

NEC 数字工厂中，通过物体指纹识别技术进行识别，每个基



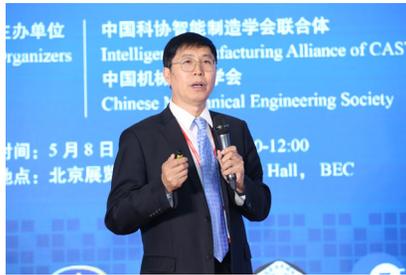
王冰女士在做报告

板作为关键部件，出问题可能就是基板的问题。原始的信息收集一般需要做打码，而激光打码设备价格会比较高。NEC 不需要打码，可以通过物纹识别，类似于人一样有指纹和物纹，通过物纹就直接可以把信息识别并进行精细化的管理。人可以进行声音识别制造现场跟普通现场的区别，如坐在办公室很安静但制造现场非常嘈杂，就可以进行制造现场嘈杂环境声音识别的处理，这在 NEC 工厂里已经得到了实践。

施耐德电气工业事业部智能制造业务部解决方案中心经理王冰女士做题为“透明制造智造未来”的报告。王冰女士提出，企业所做的与智能制造相关的工作归根到底都是为了提升企业本身的竞争力。为了提升竞争力，企业在硬件投资上可考虑获得准确的信息，并让信息及时地传递，做精炼的场景帮助管理者、作业人员，并告知企业现在应该做什



严思杰先生做报告



李奉珠博士做报告



中国机械工程学会副理事长兼秘书长陆大明对论坛进行总结

么，标准化管理可靠的资源，与供应商和客户建立智能制造生态系统。

施耐德透明工厂可以使企业一目了然，包括了从设备级的准确感知，到控制级的专家系统和控制系统，再到运营级的面向能源、业务运营、设备资产管理的系统方法。

无锡中车时代智能装备有限公司总经理、教授、博导严思杰先生做了题为“大型复杂构件机器人智能磨抛技术与装备”的主题报告。严思杰先生针对大型复杂构件的磨抛加工过程、喷涂，如，风电叶片，新能源客车车体，高铁和地铁车身，飞机蒙皮尾翼以及舰船的船体等，进行多机器人作业，做到协同控制，提升加工效率。大型复杂构件磨抛工艺优化技术，把机器人训练成八级钳工的水平，把优秀的磨抛人员

的工艺技术转化到机器人身上，实现大量能工巧匠机器人的“培养”。

宝沃汽车集团智能制造专家李奉珠博士做了题为“践行智能制造，打造多机型发动机柔性制造系统”的主题报告。李奉珠博士介绍到，宝沃的多机型发动机柔性制造系统主要针对汽车业面临的问题而提出的，如：产品型号种类多；生产柔性化和自动化挑战性大；数量数据、质量数据、管理数据等难以获取；决策缓慢；过程的质量一致性难以控制；能耗比较高等。在智能制造系统建设过程中采取技术手段，实现智能制造的转变。

宝沃发动机工厂实现 OT 和 IT 的融合，柔性化、自动化的统一以及全要素的感知和绿色制造。两个工厂都进行分期分批模块化的设计，建设过程也是不断

完善的过程，工厂建设过程中采用大量的技术手段，包括采用数字化双胞胎技术对工厂通过 BIM 技术进行前期设计，对工厂建设过程当中的效率、质量以及项目管理和预算控制都取得了非常好的指导作用。

最后，中国机械工程学会副理事长兼秘书长陆大明进行会议总结，提出：2019 年中国科协智能制造学会联合体将持续开展“世界智能制造十大科技进展”、“中国智能制造十大科技进展”的研究、评选和发布活动。评选范围将更加聚焦在：一是在世界智能制造技术领域新技术、新发现、新趋势；二是聚焦国内外不同领域领先企业智能制造应用实践案例。陆大明秘书长代表中国科协智能制造学会联合体宣布 2019 智能制造“双十”科技进展的推荐征集活动正式启动。MT



CeMAT
ASIA

2019亚洲国际物流技术与运输系统展览会

物料搬运、自动化技术、运输系统和物流的国际盛会

2019年10月23-26日 上海新国际博览中心
www.cemat-asia.com



详情请联系：

中国物流与采购联合会
联系人：马增荣 先生
电话：010-83775772
网址：www.chinawuliu.com.cn
邮箱：hzb@cflp.orz.cn
地址：北京市丰台区双营路9号
亿达丽泽商务中心3层

汉诺威米兰展览(上海)有限公司
联系人：汪洋 女士/于雪婷 小姐/
陈飞 先生/王宸 先生/朱海昆 先生
电话：021-5045 6700转227/331/313/283/236
传真：021-5045 9355/6886 2355
邮箱：ceamat-asia@hmf-china.com
网址：www.cemat-asia.com

中国机械工程学会
联系人：张伟光 先生
电话：010-6879 9042
传真：010-6879 9026
邮箱：zhangwg@cmes.org
网址：www.cmes.org.cn



BEW2019



第24届北京·埃森焊接与切割展览会

THE 24th BEIJING ESSEN WELDING & CUTTING FAIR



2019年6月25-28日
上海新国际博览中心

Shanghai New International Expo Center
June 25-28, 2019



微信二维码



www.beijing-essen-welding.com

www.埃森焊接展.com