

2020年工业发展报告

数字化时代的工业化 概述



联合国工业发展组织

《2020年工业发展报告》

数字化时代的工业化 概述



联合国工业发展组织

版权所有 © 2019年联合国工业发展组织。

本报告中使用的符号或显示的资料并不代表联合国工业发展组织秘书处就下列事项发表了任何意见：

- (1) 任何国家、领土、城市或地区的法律地位；
- (2) 上述国家、领土、城市或地区权力当局的法律地位；
- (3) 上述国家、领土、城市或地区边境或边界的划分。

“发达”、“发展中”、“工业化”、“领先”、“追赶”、“后发”、“落后”等指称仅为方便统计使用，并非就特定国家或地区在发展过程中达到的发展状态做出的判断。

报告中提到的公司名称或商业产品并不表示联合国工业发展组织对其作出背书。

本报告资料可自由引用或复印，但要有致谢程序，同时还应随附一份引用或复印内容的复印件。

如需参考和引用，请使用：联合国工业发展组织，2019年。《2020年工业发展报告》。数字化时代的工业化。概述。维也纳。

目录

页码

v	前言
vii	致谢
ix	缩略语

概述: 数字化时代的工业化

1	为何我们应该关注新技术?
1	这些技术可借助新产品与新工艺推动包容与可持续工业发展
2	新技术将形成何种工业格局?
3	向先进数字化制造技术的演化转变
4	谁在创造先进数字化制造技术, 谁在应用先进数字化制造技术?
4	较为集中的全球格局
6	这些国家中只有少数公司充分利用先进数字化制造技术
8	新技术的扩散在行业和规模上也呈现集中分布
9	参与先进数字化制造技术需要什么?
9	参与先进数字化制造技术需要国家层面的工业能力
10	工业能力在制造企业中积累
13	参与其中也需要劳动力具备特定的技能
13	先进数字化制造技术能够带来哪些红利?
14	推动生产力
15	加强部门间联系
16	创造就业机会, 而非摧毁就业机会
17	实现环境可持续发展
18	红利并非自动产生, 且会带来风险
20	何种应对政策可以让先进数字化制造技术有效促进包容与可持续工业发展?
20	政策行动的一些普遍领域需要特别注意
22	呼吁进一步国际合作
24	注解
24	参考文献
26	附录

图

2	1	新技术和包容与可持续工业发展
3	2	广泛的技术领域和应用领域
4	3	制造技术：从第一次工业革命到第四次工业革命
5	4	先进数字化制造技术的基本要素
7	5	应用于制造业的四代数字化制造技术
8	6	先进数字化制造技术的应用在发展中国家依然很有限
9	7	关键的先进数字化制造技术的采用率在欧洲各个行业不尽相同
10	8	参与先进数字化制造技术需要提高工业能力
13	9	制造能力是采用技术工艺流程创新成果的关键
14	10	先进数字化制造技术的预期红利
15	11	先进数字化制造技术的采用与生产力呈正相关
15	12	在所有收入类别中，积极参与先进数字化制造技术的经济体的增长速度比其他经济体更快
16	13	在所有收入类别中，积极参与先进数字化制造技术的经济体，其制造业产业与知识密集型商业服务的融合度更加紧密
17	14	个别行业中工业机器人使用的增加对全球就业的总体影响
18	15	先进数字化制造技术的绿色专利比例高于平均水平
18	16	大多数正在参与或准备参与先进数字化制造技术的企业一致认为这些技术将能够改善环境
20	17	如果女性从事食品、纺织和化工行业，她们会比男性更有可能面临较高的计算机化风险

表

6	1	在新兴科技领域，从落后经济体到领先经济体的划分
11	2	为实现先进数字化制造不断积累投资能力、技术能力和制造能力
21	3	可使先进数字化制造技术有效促进包容与可持续工业发展的政策行动的主要领域
26	A1	按制造业中先进数字化制造技术参与度划分的经济体

前言



第四次工业革命带来的先进数字化制造技术的出现和扩散正在为制造业生产带来根本性变革，使得物理制造系统和数字化制造系统之间的界限日益模糊。机器人、人工智能、增材制造和数据分析带来前所未有的巨大机遇，有望加快制造业产业创新并提高生产中附加值的比重。

《2020年工业发展报告》主要阐释了关于第四次工业革命的争论，在当前技术范式转变的大背景下针对工业化的未来提出了新的分析和经验证据。

一种常见的说法是，机器人将取代工厂工人，因此，工业化不会创造和过去一样多的就业机会。第二种说法是发达国家将撤回之前外包的生产。第三种说法是在制造业中保持竞争力的技能和能力的最低门槛将会非常高，以至于大多数国家将被排除在下一阶段的制造业生产之外。本报告采用实证方法探讨了这些说法的正确性。

本报告的主要研究结果为：工业化仍然是成功发展的主要途径。工业化使各国能够获得和加强在新的技术范式中保持竞争力并取得成功的技能和能力。分析表明，制造业生产所采用的先进数字化制造技术为推动经济增长和人类福祉以及保护环境带来巨大潜力，有助于《2030年可持续发展议程》的实现。这尤其与可持续发展目标第九项目标——建设有抵御灾害能力的基础设施、促进具有包容性的可持续工业化，并推动创新——息息相关，而这一项目标正是联合国工业发展组织的核心使命。这些技术有助于提高工业生产过程的效率和生产力，而且有证据表明还有助于创造新的产业。

本报告还指出，尽管大量的工作将容易受到自动化的影响，但随着新技术在各国和各个行业之间扩散，仍可能在技术含量和知识含量更高的领域创造新产业和新的就业机会。本报告中的证

据表明，只要考虑在价值链上的间接影响，全球制造业所使用的机器人数量的增加实际上将创造就业，而非破坏就业。证据表明，由于采用新技术导致的制造业从新兴经济体向工业化经济体回流这一现象并不普遍。研究结果表明，发展中国家的离岸生产恰好与制造业回流持平，从价值链的前向关联和后向关联来看，实际上创造了就业机会。

先进数字化制造技术对发展中国家的影响将最终取决于其应对政策。不存在一种“放之四海皆准”的政策战略使这些新技术促进包容与可持续工业发展。我们的2020年报告针对未来数年内将进一步深化的第四次工业革命指出了一些战略方针方向。以下三个领域值得特别关注：(1) 形成框架条件，尤其是数字基础设施的框架条件，以接受新技术；(2) 利用先进数字化制造技术促进需求并推动正在进行的计划；(3) 加强必要的技能和研究能力。本报告举例说明了各国目前为解决这三个方面而实施的一些具体政策。

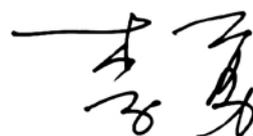
本报告得出的一项重要结论是，大多数国家尚未进入持续技术突破的时代。世界上大部分地区，主要是最不发达国家和其他低收入国家对先进数字化制造技术的大规模应用还远远不够。本报告在五个发展中国家收集的企业层面数据进一步证明了这一结论，所收集的数据表明，这些国家的制造业部门的显著特点是存在“技术孤岛”，少量数字化领先企业（如有）与大多数仍使用过时技术的公司并存。“落后经济体”高达70%的制造业部门依然在其制造业生产中采用模拟技术。

潜在有用技术扩散不足强化了对进一步加强全球伙伴关系以推动可持续发展的需求。必须更加努力调动并分享知识、专长、技术和财政资源，以确保实现《2030年可持续发展议程》不让任何一个人掉队的目标。低收入国家需要适当的数字基础设施和技能来充分利用第四次工业革命，避免进一步落后的风险。本报告表明，低收入国家参与制造业生产存在一系列优势，有利于加强工业能力并学习如何富有成效地利用这些技术。具有包容性和可持续性的持续经济增长对世界繁荣至关重要。

令我感到欣喜的是，本报告从一个新颖的维度分析了这些新技术和第四次工业革命，并重申了工业化作为发展的推动力的作用。包容与可持续工业发展将有助于建立充满活力、具备可持续性和创新性、以人为本的经济体，这是我们必须努力奋斗的目标，竭尽全力推动国际社会逐步实现《2030年可持续发展议程》。

在此，我谨向参与编制本报告的联合国工业发展组织工作人员团队和国际专家表示衷心的感谢。

谢。由衷期望本报告能够成为和第四次工业革命有关的国际发展讨论的参考文件。



李勇
联合国工业发展组织总干事

致谢

《2020年工业发展报告》在联合国工业发展组织总干事李勇先生的全面指导下编制。本报告是由政策、研究和统计部部长Cecilia Ugaz领导的内部团队在长达两年的时间内开展密集研究工作、进行卓有成效的讨论并密切协调合作的结果。内部团队的工作由Alejandro Lavopa负责协调，他在本报告成功编制的过程中扮演了关键角色。团队成员包括Elisa Calza、Nicola Cantore、Nelson Correa、Smeeta Fokeer、Nobuya Haraguchi、Fernando Santiago Rodríguez和Adnan Seric。

一系列委托撰稿的背景论文为本报告的起草提供了极大的帮助，它们由以下专家撰稿：公平与发展公共政策实施中心的Ramiro Albrieu、Caterina Brest Lopez和Martín Rapetti；伦敦大学东方与非洲研究学院的Antonio Andreoni；意大利乌尔比诺大学的Guendalina Anzolin；哥伦比亚国立大学的Francesco Bogliacino；米兰大学和加泰罗尼亚开放大学的Cristiano Codagnone；奥地利科技学院的Bernhard Dachs；联合国大学——马斯特里赫特创新与技术经济社会研究所（联合国大学——马城经研所）的Michele Delera、Neil Foster-McGregor、Carlo Pietrobelli、Önder Nomaler和Bart Verspagen；巴西里约热内卢联邦大学经济研究所的João Carlos Ferraz、David Kupfer、Jorge Nogueira de Paiva Britto和Julia Torracca；维也纳国际经济研究所的Mahdi Ghodsi、Oliver Reiter、Robert Stehrer和Roman Stöllinger；东京国家政策研究研究生院的Chiharu Ito、Michiko Iizuka和Izumi Suzuki；巴斯克竞争力研究所的Bart Kemp和Raquel Vazquez；约翰内斯堡大学的Erika Kraemer-Mbula；首尔国立大学的Keun Lee；巴斯克企业发展机构的Amaia Martinez和Cristina Oyón；罗马第三大学的Mario Pianta以及意大利约翰卡波特大学的Alina Sorgner。

为了支持本报告的分析，该团队精心设计了公司层面调查并在下列三个国家开展了这项调查：加纳、泰国和越南。报告编写团队感谢下列合作机构

在收集相关数据时所做的细致认真的工作：科学和工业研究委员会(CSIR)-加纳科学与技术政策研究所(STEPRI)、泰国数字经济促进委员(DEPA)以及越南国家社会经济信息和预测中心(NCIF)。这些调查是根据巴西国家工业联合会(CNI)在巴西提出的策略编制的，并由阿根廷工业联盟(UIA)联合公平与发展公共政策实施中心、拉丁美洲一体化协会以及美洲开发银行加勒比分行(INTAL-IDB)一起复制推广。非常感谢这些机构协助从这两个国家获得相应调查的微观数据。

为进一步充实调查结果，该团队还收集了其他发展中国家制造企业的案例研究。在此也向Ciyong Zou以及驻地办事处的联合国工业发展组织工作人员致以衷心的感谢，是他们使数据收集成功实现成为可能，他们分别是：Manuel Albaladejo、Nadia Aftab、Ralf Bredel、Sooksiri Chamsuk、Stein Hansen、Hanan Hanzaz、Muhammad Hammad Bashir Saeed、Lina Touri、René van Berkel、Rajeev Vijh和Süleyman Yılmaz。数据收集工作得到了Valeria Cantera、Nurshat Karabashov、Sebastián Pérez、Nidhi Sharma、Hongfei Yue和Azhar Zia-ur-Rehman的大力支持。此外，我们还要对以下国家的下列机构表示感谢，它们对数据收集工作提供了极大的协助：中华人民共和国工业和信息化部、马来西亚国际贸易工业部、土耳其工商业协会和乌拉圭工业商会。

联合国工业发展组织执行委员会成员Fatou Haidara、Hiroshi Kuniyoshi和Philippe Scholtes所提供的建设性意见也为本报告提供了极大的帮助。另外，布拉德福德大学荣誉教授John Weiss、联合国贸易和发展会议(UNCTAD)经济事务高级干事Jörg Mayer、经济合作与发展组织高级政策分析师Alistair Nolan对本报告的初稿进行了详尽审阅并显著改善了本报告几个章节的质量，我们对此表示由衷的谢意。

本报告中提出和阐述的许多理念是在2018年11月在维也纳联合国工业发展组织总部和众多国际专家一起举行的两次研讨会，以及于

2019年5月期间与联合国工业发展组织工作人员举行的内部报告会上首次酝酿出来并进行探讨的。在这些会议期间，欧盟委员会的Sara Amoroso、剑桥大学的Mike Gregory以及联合国工业发展组织工作人员Arno Behrens、Kai Bethke、Bernardo Calzadilla、Tsong Ping Chung、Michele Clara、Jacek Cukrowski、Tareq Emtairah、Ayumi Fujino、Dong Guo、Anders Isaksson、Jaehwan Jung、Bettina Schreck、Nilgun Tas、Valentin Todorov和Shyam Upadhyaya提供了宝贵意见和真知灼见。此外，联合国工业发展组织工作人员Weixi Gong、Nan Ji、Olga Memedovic和Alejandro Rivera为本报告初稿提供了宝贵意见。

本报告的作者还有一个颇具才干的联合国工业发展组织研究助理和实习生团队从旁支持，这个团队的成员包括Jürgen Amann、Shengxi

Cao、Charles Fang Chin Cheng、Alessandra Celani de Macedo和Lorenzo Navarini。联合国工业发展组织工作人员Angie Belsaguy、Nevena Nenadic和Iguaraya Saavedra也为本报告的发表提供了广泛的管理支持。此外，Niki Rodousakis也为本报告的版面编辑提供了协助。在最终起草阶段，联合国工业发展组织顾问Ascha Lychett Pedersen对本报告的最终编写和印刷发挥了关键作用。此外，由Bruce Ross-Larson领导的通信发展有限公司团队对本报告进行了校对和版面编辑，团队成员包括：Joseph Brinley、Joe Caponio、Mike Crumplar、Debra Naylor (Naylor Design)、Chris Trott和Elaine Wilson。

中文翻译由JPD Systems, LLC公司完成，并经由新加坡国立大学能源研究所 (NUS ESI) 的钟声校对及协助提升语言品质。

缩略语

1IR	第一次工业革命
2IR	第二次工业革命
3IR	第三次工业革命
4IR	第四次工业革命
ADP	先进数字化制造
BRICS	金砖国家(巴西、俄罗斯、印度、中国、南非)
CAD	计算机辅助设计
CAM	计算机辅助制造
CIM	计算机集成制造
CNC	计算机化数字控制
CIP	工业竞争力指数
CPS	信息物理系统
DPT	数字化制造技术
GDP	国内生产总值
GVC	全球价值链
ICIO	国家间投入产出表
ICT	信息和通信技术
IDR	工业发展报告
IoT	物联网
ISID	包容与可持续工业发展
KIBS	知识密集型商业服务
LDC	最不发达国家
M2M	机器对机器
MVA	制造业增加值
R&D	研发
RFID	射频识别技术
SDG	可持续发展目标
SME	中小企业
STEM	科学、技术、工程和数学
TDI	技术和数字密集型
TVET	技术和职业教育与培训
UNIDO	联合国工业发展组织

概述

数字化时代的工业化

先进数字化制造技术可推动包容与可持续工业发展及可持续发展目标的顺利实现

先进数字化制造技术——人工智能、大数据分析、云计算、物联网、先进机器人和增材制造等技术——的出现与扩散正从根本上改变制造业生产的性质，使物理制造系统与数字化制造系统之间的界限日渐模糊。在适当条件下，发展中国家采用这些技术可促进包容与可持续工业发展及可持续发展目标的顺利实现。

目前仅有少数经济体和企业创造并应用先进数字化制造技术

然而，由于大多数新兴经济体发展薄弱，先进数字化制造技术的创造与扩散目前仍集中在全球少数地区内。本报告显示，10大经济体——领先经济体——在与这些技术密切相关的所有全球专利和总出口额中分别占比90%和70%。第二梯队有40大经济体——追赶型经济体——积极致力于应用先进数字化制造技术，但其占比一般。世界其他经济体活跃度非常低（后发经济体），或者未能参与这些技术在全球的创造和应用（落后经济体）。

但是先进数字化制造技术带来奋起直追的新机会

虽然先进数字化制造技术能够带来奋起直追的新机会，但利用这些机会需要具备最低的工业能力基础。领先经济体、追赶型经济体、后发经济体和落后经济体等不同经济体在这些技术的创造和应用方面所扮演的角色与其平均工业能力呈明显的正相关性。对这些技术的参与度越高，该经济体的制造业增加值增长率也越高，二者呈现相关性，这主要归功于生产力的提高速度更快。积极应用先进数字化制造技术的发展中国家在就业方面还呈现正增长，这一点与普遍看法相左。

为何我们应该关注新技术？

这些技术可借助新产品与新工艺推动包容与可持续工业发展

新技术和包容与可持续工业发展

新技术是成功实现包容与可持续工业发展的核心。这些新技术可创造新产品，继而催生新兴产业。它们可促进生产效率的提高，从而降低价格并刺激大众市场的消费——或增加利润并对投资产生一系列潜在的后续影响（图1）。在适当的背景下，新技术还可以促进环境可持续性和社会包容性。

新技术催生新兴产业

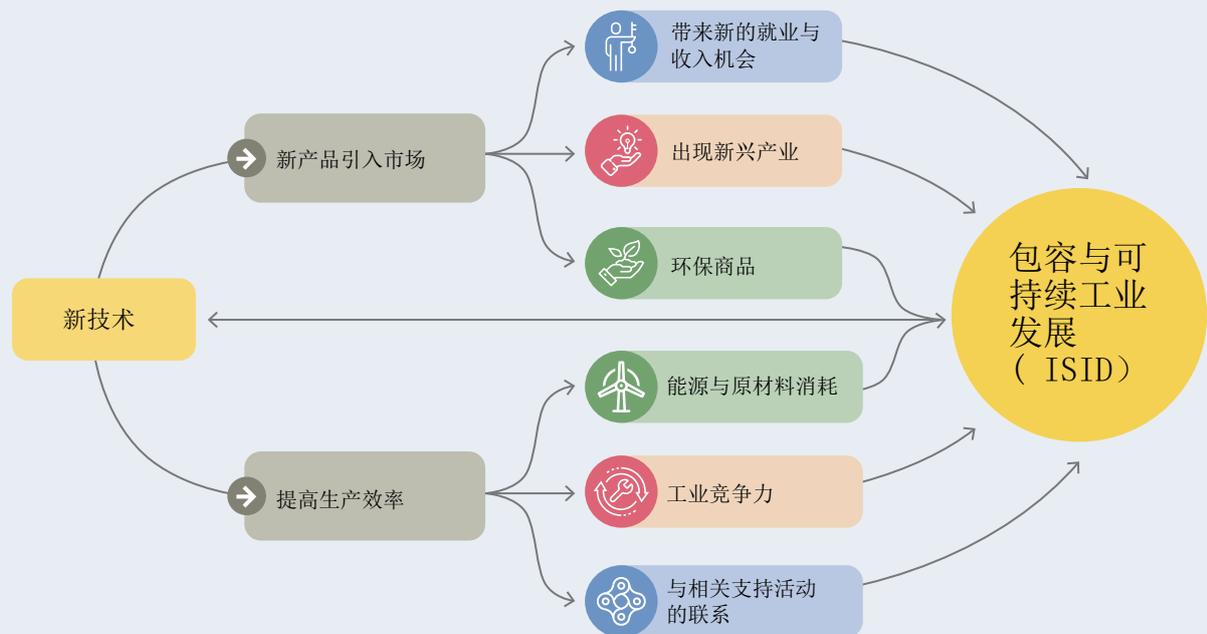
新技术可实现产品创新，催生新兴产业——随之带来新的就业与收入机会。进而促进了工业化与社会包容性。这些创新技术——通过引入绿色制造——能够降低对环境的影响，因此它们还实现了工业生产过程中的环境可持续性。

工业竞争力最终取决于技术升级

此外，新技术还可以提高生产效率，这一点对保持和推动工业竞争力至关重要，通过这一方式能够增加制造业产值。在许多情况下，对新技术的合理应用需要获得来自各经济体其他部门的额外投入和服务，因此工业发展在工厂之外的乘数效应会日益增加。效率的大幅提高与减少单位产出的污染物排放量以及原材料和能源消耗密切相关，从而可以有效提高工业生产过程中的环境可持续性。

“新技术是成功实现包容与可持续工业发展的核心”

图 1. 新技术和包容与可持续工业发展



注：该图上半部分说明了新技术如何通过向市场推出新产品来推动包容与可持续工业发展。下半部分说明了新制造技术如何通过提高生产效率来促进包容与可持续工业发展。随着工业化进程的不断推进，各国的创新潜力也在不断增强。这由图中从右至左的直线箭头表示。
资料来源：联合国工业发展组织阐述。

新技术将形成何种工业格局？

第一、第二和第三次工业革命分别由蒸汽机、电气化和计算机驱动

自第一次工业革命以来，一波又一波的技术进步浪潮推动了经济的发展。1760年至1840年间，蒸汽机的问世、简单作业的机械化以及铁路建设引发了第一次工业革命。从19世纪末到20世纪初，电力、流水生产线和大批量生产的出现引发了第二次工业革命。20世纪60年代，半导体和大型计算机的发展，以及个人计算机和互联网的出现是推动第三次工业革命出现的主动动力。

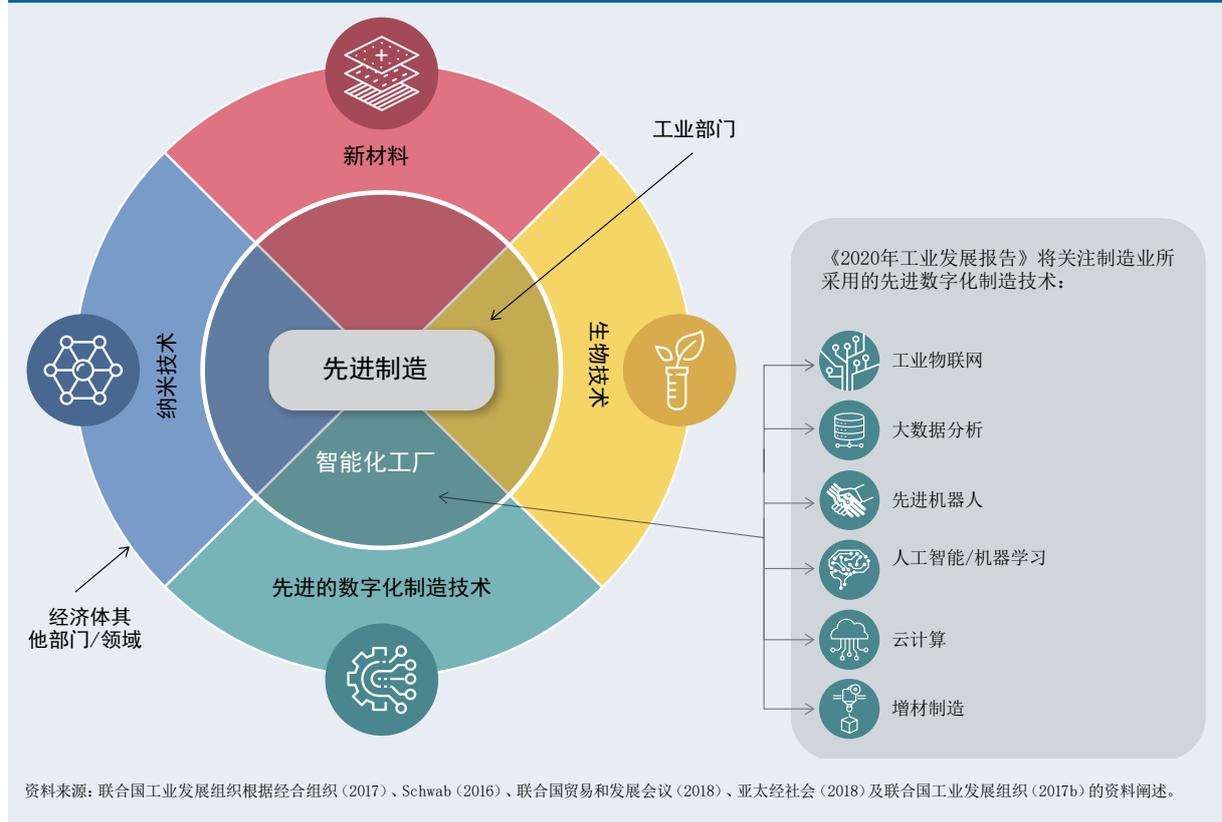
而新一波技术浪潮将再次改写工业格局

最近的技术突破似乎正再次推动另一波技术浪潮的来袭，即我们通常所称的第四次工业革命。这一

概念基于一—数字化制造技术、纳米技术、生物技术和新材料等——各种新兴技术领域的日益融合及它们在生产中的互补性（图2）。在制造业生产中对这些技术的应用通常称作先进制造。以先进数字化制造技术为例，这些技术在制造业的应用便催生了智能制造生产系统——又被称为智能化工厂或工业4.0。智能制造意味着集成并控制这样的生产：传感器和设备通过数字网络相连，在人工智能的支持下在——所谓的信息物理系统（CPSs）——实现现实世界和虚拟世界的融合。转向智能制造生产的预计将会持久而显著地改写工业格局。

“先进数字化制造技术催生了智能制造生产系统”

图 2.
广泛的技术领域和应用领域



向先进数字化制造技术的演化转变

先进数字化制造技术源自传统工业生产

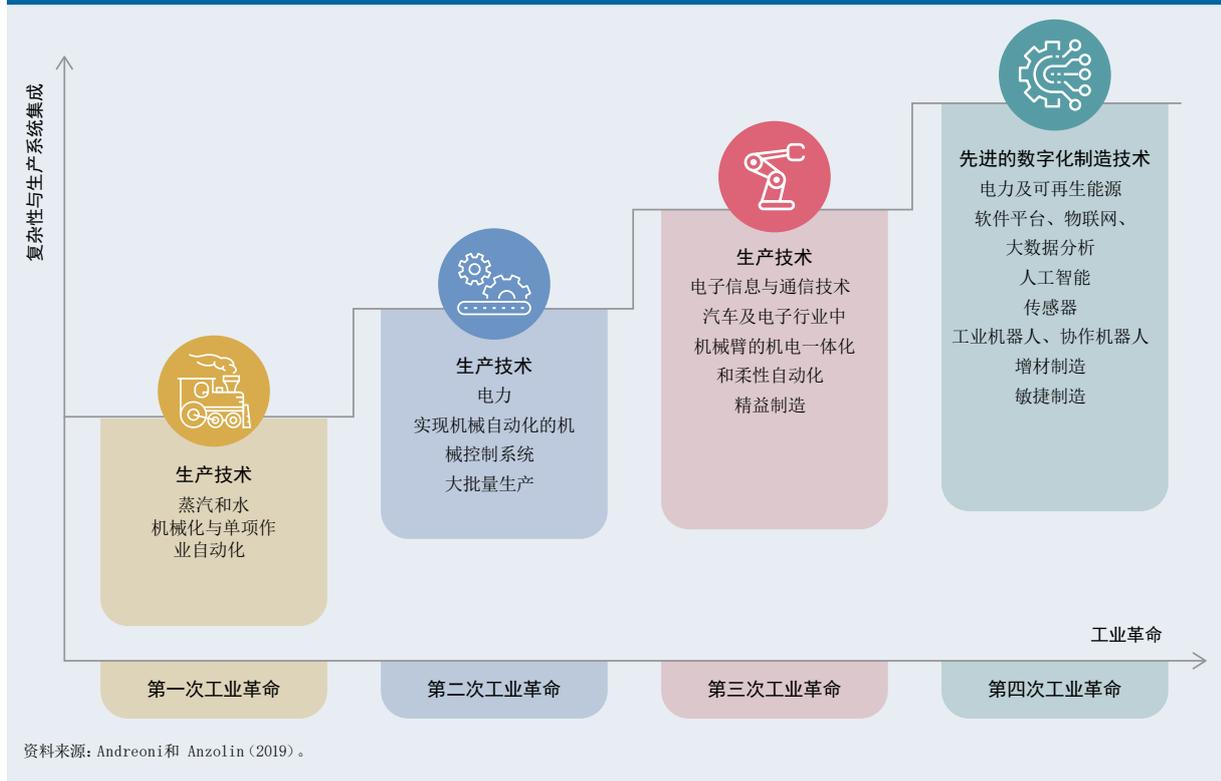
先进数字化制造技术是传统工业生产技术发展过程的最后一个阶段（图 3）。实际上，很多先进数字化制造技术都源自与以往历次工业革命相同的工程和组织原理，与其说这是一场“革命性颠覆”，倒不如说这是一场“演化转变”。例如，自动化流程可追溯到第一次工业革命，而机器人的使用则至少可追溯到20世纪60年代（Andreoni 和 Anzolin, 2019年）。

先进数字化制造硬件是传统与现代技术的完美融合

先进数字化制造技术的问世源于三个主要要素的结合——硬件、软件和互联性（图4）。硬件由现代工业机器人的工具、工装设备和配套设备，智能自动化系统以及协作机器人（与工人协作执行任务的机器人）和用于增材制造的3D打印机组成。这些硬件制造技术在很大程度上与之前第三次工业革命的制造技术类似。而使这些机器与众不同的是它们在执行生产任务时的互联性、灵活性和功能性。

“ 历次技术革命已将世界分为 领先经济体和追赶型经济体

图 3.
制造技术：从第一次工业革命到第四次工业革命



相比传统制造业，先进数字化制造互联是一个巨大转变

先进数字制造技术的技术互联由硬件中的传感器实现，通过为机器和工具配备执行器和传感器使之成为可能。一旦机器和工具能够感知生产过程和产品（部件、材料和功能属性），那么它们还可以通过工业物联网进行数据收集和传输。这类互联为从集中化生产到分散化生产的范式转变开辟了道路。

互联成就智能网络化系统

一旦大数据分析软件提高了制造技术的互联性，制造技术就会走向完全数字化，也就是说，工具能够几乎实时地处理海量数据。在计算机辅助制造、计算机集成制造和计算机辅助设计，以及第三次工业革命中信息通信技术发展的基础上，第四次工业革命中的软件发展为网络物理系统开辟了道路。这些智能网络化系统配备嵌入式传感器、处理器和执行器，能实时感知物理世界、与之交互并提供支持。

谁在创造先进数字化制造技术，谁在应用先进数字化制造技术？

较为集中的全球格局

工业革命催生两类经济体——领先经济体和追赶型经济体

根据各经济体在新兴技术的创造和应用方面的参与情况，历次技术革命已将世界分为领先经济体和追赶型经济体。然而，就很多技术而言，世界上的一些重要地区仍然被完全排除在正在进行的革命之外，它们仅在数十年之后，当这些技术变得足够廉价且能力差距缩小时才进入革命。在一场新革命的开端，所有国家，特别是那些仍在努力发展基本工业能力的国家均存在一个备受关注的问题，那就是各国将在多大程度上融入新兴技术领域。

“10大经济体占先进数字化制造技术全球专利族中91%的份额”

图 4. 先进数字化制造技术的基本要素



顶级经济体最具先进数字化制造活力

如今,先进数字化制造领域的技术突破再次将世界划分为领先经济体、追赶型经济体和落后经济体。先进数字化制造技术的创造与扩散的一个显著特征是极端集中,尤其是专利申请和出口活动。专利申请和出口活动分布的平均水平显著高于中位数,只有少数几个国家高于这一水平。因此,世界大部分先进数字化制造技术活动集中在排名靠前的国家(高于平均水平的国家)。

10大领先经济体拥有90%的专利和70%的出口

仅仅这10个经济体在先进数字化制造技术方面的全球专利申请数量便高于平均市场份额¹。根据其市场份额排序,这些经济体分别是美国、日本、德国、中国、中国台湾省、法国、瑞士、英国、韩国和荷兰(表 1)。它们合计占全球专利族中91%的份额。在先进数字化制造技术领域,该类经济体在创造新技术方面领先于世界其他地区。它们不仅

发明新技术,而且在全球市场上销售(和购买)应用这些技术的商品——它们的出口占全球出口总额的近70%,而进口占全球进口总额的46%。这些经济体是先进数字化制造技术的领跑者。

40个追赶型经济体正在奋起直追,但份额较低

其他经济体也在参与这些新技术,尽管它们占据的份额较低。例如,以色列、意大利和瑞典在全球专利族中占有较大份额,而奥地利和加拿大则拥有较高的出口额。同样,墨西哥、泰国和土耳其的进口额较高。这些经济体是这场技术竞赛的追随者。除领先经济体外,根据专利、出口和进口指标平均值,本报告划分出40个追赶型经济体。这些经济体占全球专利族的8%,在采用这些技术的商品的进口总额中几乎占有一半的份额。

“只有50个经济体可称得上积极参与先进数字化制造技术”

表 1. 在新兴科技领域，从落后经济体到领先经济体的划分

类别	简短说明	标准
领先经济体 (10个经济体)	先进数字化制造技术领域的十大领先经济体	这些经济体在先进数字化制造技术领域拥有100多项全球同族专利申请（在该领域拥有专利的所有经济体的平均值）
先进数字化制造技术产品生产方面的追赶型经济体 (23个经济体)	创新国	在先进数字化制造技术领域积极参与专利申请的经济体
	出口国	积极出口先进数字化制造技术相关产品的经济体
先进数字化制造技术应用方面的追赶型经济体 (17个经济体)	进口国	积极进口先进数字化制造技术相关产品的经济体
	创新国	拥有几项先进数字化制造技术专利的经济体
先进数字化制造技术产品生产方面的后发经济体 (16个经济体)	出口国	这些经济体出口一些先进数字化制造技术相关产品
	进口国	这些经济体进口一些先进数字化制造技术相关产品
落后经济体 (88个经济体)	没有或很少参与先进数字化制造技术的产品	不包括前几个类别中的其他所有经济体

积极参与先进数字化制造技术经济体

注：根据联合国统计司的数据，上述分类特征涵盖了167个经济体，这些经济体2017年居民超过50万。每类经济体情况见附件A1。
资料来源：联合国工业发展组织阐述。

世界其他地区在这一领域的活动较少或极少，甚至完全没有

综合来说，只有50个经济体（领先经济体和追赶型经济体）可称得上积极参与先进数字化制造技术。它们对这些技术的创造或应用已在国家统计数据中得以充分体现。其余经济体在该领域的活动较少（后发经济体）或极少，甚至完全没有（落后经济体）。

这些国家中只有少数公司充分利用先进数字化制造技术

第四次工业革命只影响大多数国家经济的一小部分

在对个别国家的工业部门进行研究时，上述全球特征得到了证实。在大多数国家，不同时代的数字技术在制造业生产中同时存在，并且与第四次工业革命相关的数字技术只渗透了一小部分制造业。

发展中国家将第四次工业革命技术改造并整合至不完备的第三次工业革命技术系统中

发展中国家的很多企业仍经常低效地采用第三次工业革命技术——基本自动化和信息通信技术，这也使得他们很难充分利用先进数字化制造技术和第四次工业革命带来的机遇。因此，这些国家的主要机会在于逐步将这些技术整合至现有的第三次工业革命生产系统中，从而在可能进行整合的地区改造生产工厂（Andreoni 和 Anzolin, 2019年）。

多代技术并存

在任何给定的时间点，不同国家的企业有可能使用源于不同技术范式的数字技术组合，而不仅仅是使用模拟技术，基于这一理念，鉴于各国在生产中越来越复杂地使用数字技术，《2020年工业发展报告》明确了四个数字化制造业生产技术时代（图5）。²

“在大多数国家，不同时代的数字技术在制造业生产中同时存在

图 5.
应用于制造业的四代数字化制造技术



多达70%的企业仍停留在模拟制造阶段

金字塔底层代表制造的初级阶段，在这一阶段，数字技术未被应用于企业的任何领域。这似乎是最不发达国家和低收入经济体的真实写照。被定义为落后经济体的各国大多数制造业部门属于这一类别。例如，本报告调查显示加纳几乎70%的公司属于模拟制造类别。一旦企业开始采用数字技术，便会划分出四个特征鲜明的技术时代。第一个时代：刚性制造，其特点是仅在特定用途中应用数字化制造技术且相互孤立。第二个时代：精益制造，指的是借助数字技术以及不同业务领域之间的部分整合实现半柔性自动化制造。第三个时代：集成制造，即需要所有的业务职能部门一同使用数字技术。第四个时代，亦即最后一种模式，其特点是利用数字技术及信息反馈为决策制定提供支持。

迈向下一个时代需要经历巨大变革

虽然工业1.0时代与2.0时代持续的时间与数控编程系统（1950年代后期）的时间一样长，但是诸如计算机辅助设计等一系列技术由于参数化设计最近几年才呈指数级发展。即使流程的效率和质量大幅度提高，但是从工业1.0时代向2.0时代演进并不需要经历重大的组织变革。然而从工业2.0时代向3.0时代演进需要经历实质性的变革——将组织职能完全整合，全面有效地实现流程和信息系统标准化。工业4.0时代意味着需使用以先进通信设备、自动化、感测化、大数据和人工智能等先进数字化制造技术为技术基础的解决方案。

极少数企业应用最先进的技术

从五个国家收集的证据表明目前仅少数制造企业正在采用先进数字化制造技术（图 6）。尽管接受调查的各国之间存在很大的国间差异，但最新两个工业时代的数字技术的扩散（工业3.0时代与

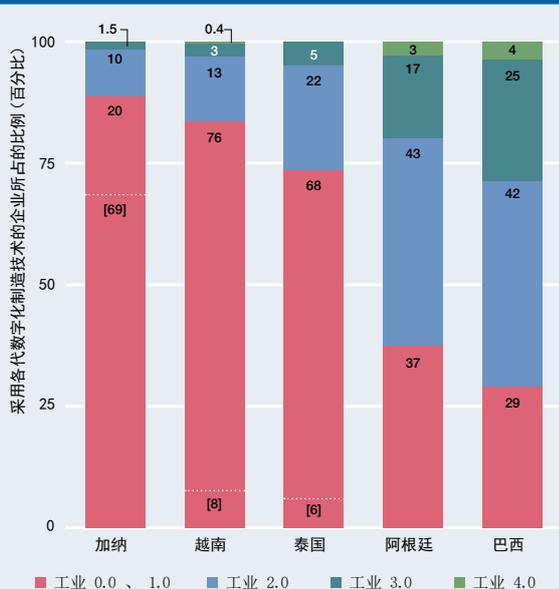
“仅少数制造企业正在采用先进数字化制造技术”

工业4.0时代)在这些国家才刚刚开始:采用者只占少数,加纳采用工业3.0时代与工业4.0时代数字技术的企业仅占1.5%,而巴西约占30%。调查结果还显示出不同时代的技术如何在发展中国家并存,形成“技术孤岛”,即少数拥有先进技术的企业被大多数处于较低技术水平的企业所包围。

跨越式进入第四次工业革命取决于国家和工业条件

对于大多数制造企业远低于领先水平——集中于模拟制造和工业1.0时代之间——的国家而言,关键在于他们如何能够迈向更高的技术水平。尤其是,这些企业能否跳过一些技术时代,或者直接跳跃至最先进的技术时代?能力、禀赋、组织特点、技术成就及国内基础设施和制度条件方面的差异解释了一些企业(和国家)为何能顺利实现跨越,而其他企业(和国家)却做不到的原因。

图 6. 先进数字化制造技术的应用在发展中国家依然很有限



注:由于阿根廷和巴西调查问卷的结构,未提供工业0.0时代的相关信息。
资料来源:联合国工业发展组织根据联合国工业发展组织企业级调查“工业企业对数字化制造技术的采用”所收集的数据(加纳、泰国和越南)以及Albrieu等人(2019)与Kupfer等人(2019)(阿根廷和巴西)资料的阐述。

新技术的扩散在行业和规模上也呈现集中分布

先进数字化制造技术的扩散在各行业之间分布不均

技术密集度和生产流程的差异使得一国内部的一些制造业产业更有可能采用先进数字化制造技术。有两个行业表现最为突出:计算机行业和机械与运输设备行业。这些行业对关键的先进数字化制造技术的采用高于平均值(图7)。计算机行业和机械行业对云计算和3D打印技术使用率最高,比平均水平高出10至15个百分点,而运输设备行业的使用率位居第二,同时也是制造业中工业机器人使用率最高的行业。随着先进数字化制造技术不断的广泛扩散,其他行业(即使是技术密集度较低的行业)也可能率先采用这些技术。

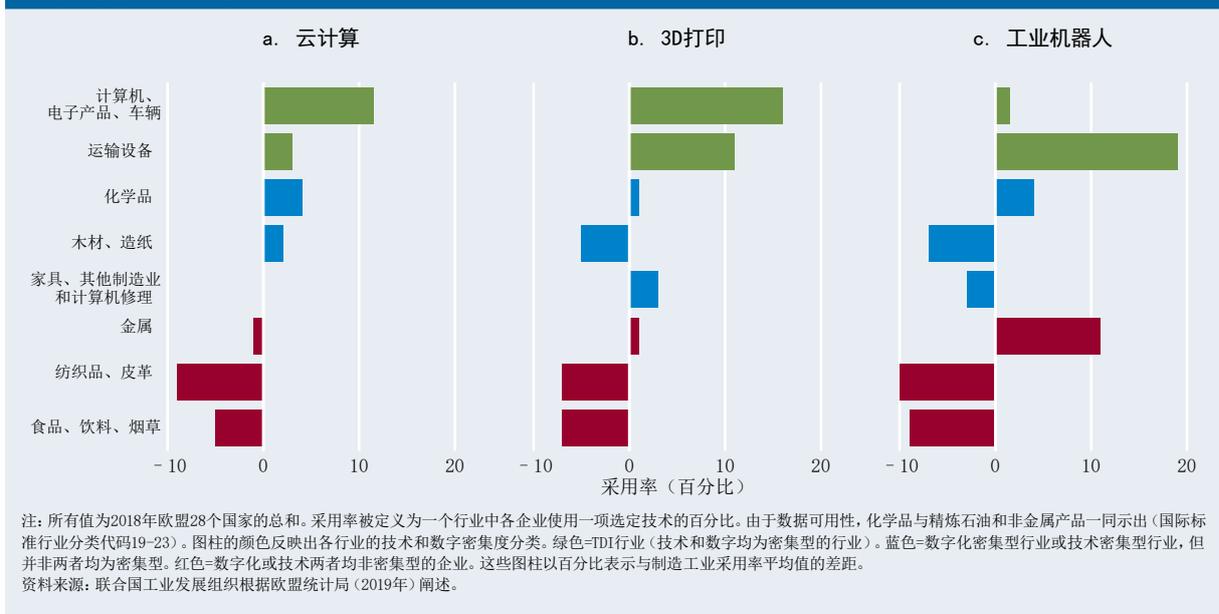
领先经济体和追赶型经济体倾向专注于这些行业
领先经济体和追赶型经济体对先进数字化制造技术的参与度更高,其另一个原因是它们的技术和数字密集型行业(包括计算机、机械和运输设备)在其制造业增加值中占有更高的份额。特别是在2005年先进数字化制造技术开始扩散之后,这些行业变得日益重要。生产力增长对如此优异的业绩产生强劲的推动力。然而,这些经济体的发展历程并不是用新技术替代劳动力,而是利用新技术促进其竞争力和扩张,最终,生产力和就业的增长使得发展历程具有包容性。

规模越大的企业采用先进数字化制造技术越多

提及先进数字化制造技术,企业规模也很重要。大型企业的丰富资源允许它们进行更大的投资(这并非唯一原因),因此这些企业往往拥有技术和生产能力,使它们更可能采用新技术。本报告所调查的五个国家的数据有力证明了这一观点——在采用最新两个工业时代的数字化制造技术(工业3.0时代与工业4.0时代)的所有企业中,较大规模企业的比例更高。例如,在阿根廷,大型企业(员工超过100名)对工业3.0时代与工业4.0时代数字化制造技术的采用率比企业平均采用率高出20个百分点。尽管如此,在某些情况下(如泰国),小型企业的新技术普及率也很高。

“一些制造业产业更有可能采用先进数字化制造技术”

图 7. 关键的先进数字化制造技术的采用率在欧洲各个行业不尽相同



参与先进数字化制造技术需要什么？

参与先进数字化制造技术需要国家层面的工业能力

发展中国家面临五大挑战

绝大多数发展中国家还远未成为这一领域的既定参与者，因为它们在参与新技术方面面临特定挑战。这些挑战可分为五大方面（Andreoni 和 Anzolin, 2019年）：

- **基本能力。**在整个供应链中吸收、部署和推广先进数字化制造技术所需的制造能力匮乏且分布不均。这些先进数字化制造技术也提高了“基本能力的门槛”，并不是因为它们是全新的技术，而是因为这些技术将新技术和现有技术融合成复杂的综合技术系统。
- **改造与整合。**在发展中国家，能够在这一领域进行技术投资的企业已经把资源投入到旧有技术中，他们需要学习如何将新的数字化制造技术改造和整合到现有的生产工厂中。建立全新工厂的情况更是少之又少，因为这需要大量的长期投资和进入市场的机会。
- **数字基础设施。**在生产中，先进数字化制造技术需要大量的基础设施。一些发展中国家在

提供可负担的优质电力及可靠互联性方面面临重大挑战。这些挑战以及其他基础设施瓶颈可能使单个企业的技术投资面临过高的风险，在财务方面入不敷出。

- **数字化能力差距。**在许多发展中国家，公司致力于一些先进数字化制造技术，但其中许多技术仍停留在公司内部，仅有少数密切合作的供应商具备应用这些技术的基本制造能力。在第四次工业革命技术蓬勃发展的今天，绝大多数企业依然使用典型的第三次工业革命的技术，甚至是第二次工业革命的技术。在这种背景下，领先公司很难实现后向链接并培育自己的供应链。当这种数字化能力差距非常悬殊时，先进数字化制造技术的扩散将始终非常有限。
- **可获得性和可负担性。**这些技术往往由少数国家及其领先企业控制。发展中国家严重依赖进口这些技术，在许多情况下，即使这些国家能够调动资源获得这些技术，但它们仍然依赖于硬件和软件组件供应商。

“发展中经济体要想参与先进数字化制造技术，必须提高工业能力”

发展中经济体要想参与先进数字化制造技术，必须提高工业能力

综上所述，这些挑战指明了一个方向，即要想参与第四次工业革命的技术，就必须提高基本的工业生产能力和技术能力。事实上，先进数字化制造技术的参与度差异反映了工业能力的全球异质性：领先经济体往往比追赶型经济体拥有更强的工业能力，追赶型经济体比后发经济体拥有更强的工业能力，后发经济体则比落后经济体拥有更强的工业能力。此外，在每一类别中还可根据利用这些技术进行生产（创新和出口）的能力进行明确划分，与这些技术的应用相比，利用这些技术进行生产则需要更强的工业能力。

工业能力将领先经济体、追赶型经济体、后发经济体和落后经济体区分开来

2017年，领先经济体的平均工业竞争力指数远远高于所有其他各类别国家（图8）。联合国工业发展组织的工业竞争力指数反映了各国的工业竞争力，因此可作为衡量这些国家潜在工业能力的指标——工业竞争力指数越高的国家，其工业能力越强。在生产方面，追赶型经济体的工业竞争力指数平均值是领先经济体的一半，而在技术应用方面，追赶型经济体的工业竞争力指数平均值则高于领先经济体平均值的一半。此外，追赶型经济体的工业竞争力指数同样高于后发经济体，而后发经济体的工业竞争力指数则高于落后经济体。每一类别的平均工业竞争力指数值均高于前一个类别，这说明各国必须不断提升自己的工业能力，才能参与先进数字化制造技术的应用和生产，并发挥更大作用。

工业能力在制造企业中积累

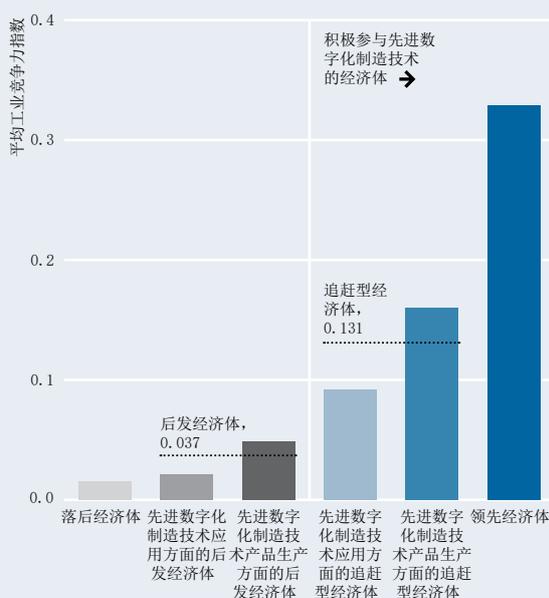
企业能力是采用新技术的先决条件

一个国家的工业能力最终取决于企业能力。因此，先进数字化制造技术的扩散依赖于获取各种必要能力的企业——这些能力包括组织中学习所产生的、特定背景中重复实现的可执行惯例或规程（Cohen等人，1996年）。需要具备各种不同的能力来参与先进数字化制造技术，但是获取这些能力并不是一个简单的或线性的过程。

投资能力、技术能力和制造能力对采用和应用新技术至关重要

投资能力和技术能力使企业能够从容应对技术变革。这些能力包括企业采用和使用设备及技术所需的技术知识、资源和技能，扩大产出和就业，以及进一步提高其技术能力和改进业务活动。制造能力与经验、从实践中学习及企业家与生产相关的行为有关。这些能力是企业为进一步实现技术改进而获取所需的基本能力的第一步。

图 8. 参与先进数字化制造技术需要提高工业能力



注：2017年平均工业竞争力指数。
资料来源：联合国工业发展组织根据2018年工业竞争力指数数据库及Foster等人（2019年）从《全球专利统计数据库2019年春季版》（欧洲专利局2019年）中获得的数据集的资料阐述。

能力逐渐积累形成

获取能力通常是一个渐进的过程，因为企业和国家首先实现工业化并获得基本能力，然后再向更高的技术水平升级。将发展中国家的企业能力划分为基本能力、中级能力和高级能力，可表示企业长时间积累能力的渐进过程（表2）。企业必须通过这一过程抓住先进数字化技术提供的机会，保持竞争力和创新力。

“一个国家的工业能力 最终取决于企业能力”

表 2.
为实现先进数字化制造不断积累投资能力、技术能力和制造能力

	投资	技术	制造
基本能力	简单、基于惯例 可行性研究 基础市场与竞争对手分析 基础财务与财务流程管理	外部信息来源（例如，来自供应商、工业网络、公共信息） 基础培训和技能提升 招聘技能型人才	工厂常规协调 常规工程 常规维护 生产过程与流程优化的微调 基础产品设计、原型设计和定制 产品与流程标准合规、产品质量管理 质量管理 基本财务管理 基本包装与物流 基本广告宣传 供应商监测 基本出口分析和与国外买家之间的联系
中级能力	具有适应能力，以搜索、实验研究和对外合作为基础 抓住市场机会 搜寻设备与机械 采购设备与机械 合同谈判 信用证议付	抓住技术机会 技术转让 与供应商/买方（上下游）的技术合作 垂直技术转让（若在全球价值链中） 与（国外）技术机构之间的联系 授权新技术和软件 全球联盟与网络 员工招聘的正规流程 正式的培训、再培训和再技能化 软件工程、自动化和信息通信技术能力	常规化工艺工程 预防性维护 适用/改进外部获得的生产技术 引进外部研发的技术 流程再模块化 与扩大规模 劳动力重组 逆向工程（产品） 产品设计改进 产品生命周期管理 质量认证 生产力分析 审计 库存控制 专门的营销部门 基本品牌推广 供应链/物流管理 国外市场的系统分析

基本制造能力依然至关重要

掌握基本制造能力（往往与制造相关）是有效应用新技术和保持高效的关键。即使是最简单的生产性活动，通常也需要激活和匹配相互依赖的多组能力。这些能力的发展与工业企业赖以运作、学习的工业生态系统密切相关。

每个公司都有一组自己的“独特能力”

每个公司都会面临独一无二的学习挑战，因此它们发展新能力的速度很可能也不均衡（Andreoni

和 Anzolin, 2019年）。特别是在发展中国家，这种不均衡加剧了企业的差异性，大量低能力、低绩效参与企业与更为领先的参与企业并存。最领先企业与其他企业之间的这种差距被定义为数字化能力差距。

数字化能力差距既会对领先企业造成伤害，也会给低能力企业带来伤害

这一差距的直接后果便造成了第四次工业革命技术孤岛（如图6所示），少数参与先进数字化制造

“在发展中国家, 大量低能力参与企业
与更为领先的参与企业并存”

表2 (接上)
为实现先进数字化制造不断积累投资能力、技术能力和制造能力

	投资	技术	制造
高级能力	具有创新力、冒险精神、以高级模式的合作和研发为基础	世界一流的项目管理能力 风险管理 设备设计	工艺工程 持续的工艺改进 新工艺创新 新产品创新 精通产品设计 出色的组织创新能力 世界一流的工业工程、供应链和物流 库存管理 品牌创建与品牌深化 先进的分销系统和与零售商/买方的协调能力 拥有海外营销渠道和附属公司 外资并购与外国直接投资
	生产系统集成能力	具备技术集成解决方案 具备组织整合解决方案 决策和风险管理的数据分析	集成产品与流程研发 先进的数字化技能发展 内部/自己的软件平台开发 预见性维护与实时维护 支持虚拟产品/流程设计的网络物理系统 技术集成与组织整合 敏捷制造 数字化和自动化库存控制 实时生产和供应链数据 跨所有职能部门的全集成信息系统(例如, 企业资源规划) 大数据分析贯穿整个生产阶段(产品设计、制造、营销、物流……)
系统性			
应具备的制度和基础设施能力	可靠的能源供应 可靠互联性 带宽连接基础设施(以太网和无线网络) 数字技术机构基础设施 数据所有权策略和软件许可的可获得性		

资料来源: 联合国工业发展组织根据 UNIDO (2002) 以及 Andreoni 和 Anzolin 的资料阐述 (2019)。

技术的主要领先企业就像在一片仍使用过时技术、缺乏能力的企业之海中一座座孤岛。这一差距可能会给领先企业带来伤害, 因为它们在后向链接和培育供应链方面存在困难。因此, 这一差距将技术升级机遇变成数字工业化瓶颈。

参与工业生产成为缩小差距的关键

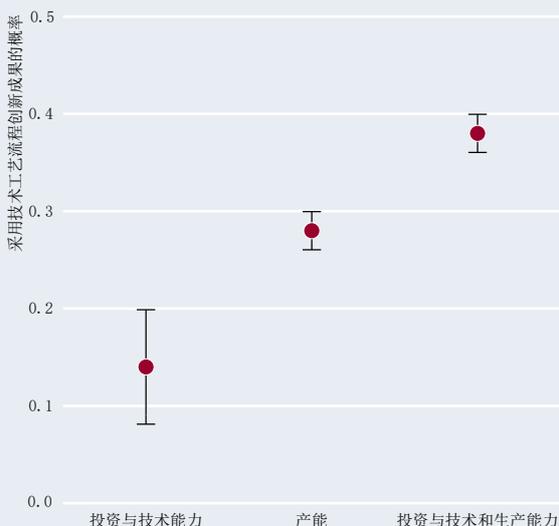
政策争论主要集中在投资和技术能力方面。《2020年工业发展报告》表明制造能力同样至关重要。对采用新技术决定因素的分析表明制造能力最为重要(图9)。这些能力只能从之前的工业生产经验中获得。

创新是技术和制造能力的共同产物

制造能力始终是所有国家采用技术工艺流程创新成果的关键, 当与制造能力变量相结合时, 投资和技术能力会充分显示它们的重要性。制造能力是技术应用更为重要的一个变量。然而, 这并不意味着投资和技术变量并不重要。与只具备两种能力其中之一企业相比, 同时具备投资、技术和制造能力的企业则拥有更高的新工艺流程技术采用率。

“这一差距将技术升级机遇变成数字工业化瓶颈

图 9. 制造能力是采用技术工艺流程创新成果的关键



注：该分析涵盖13个非洲经济体（刚果民主共和国、加纳、肯尼亚、马拉维、纳米比亚、尼日利亚、卢旺达、南苏丹、苏丹、坦桑尼亚、乌干达、赞比亚和津巴布韦）以及4个南亚经济体（孟加拉、印度、尼泊尔和巴基斯坦）。分析只考虑制造业企业。该图描述了目标变量对采用流程创新概率的平均边际效应的系数和置信区间（95%）。分析使用线性概率模型，标准误由自举法估计。模型包含国家和部门虚拟变量。
资料来源：联合国工业发展组织根据Bogliacino和 Codagnone（2019年）从《世界银行企业调查》（2013-2014年）中获得的资料阐述。

企业对全球价值链的参与度与使用先进数字化制造技术呈现相关性

在发展和新兴工业经济体中，制造企业对先进数字化制造技术的学习情况也可能取决于它们能否融入国际贸易和全球生产网络。国际贸易和全球生产网络能成为全球价值链中向下游供应商传递知识的可行渠道。本报告所调查国家的证据证实，参与全球价值链对采用新技术的可能性产生积极影响。³此外，控制规模、行业、人力资本、研发和机械投资等其他可能影响新生产技术采用的因素后，这种正相关依然存在。制造业全球价值链的一体化可以为落后国家提供参与正在进行的技术竞赛的重要机会。

参与其中也需要劳动力具备特定的技能

先进数字化制造技术需要未来技能

当谈及到所需要的技能时，技术变革不是中立的。采用先进数字化制造技术需要发展与新技术相辅相成的技能(Rodrik, 2018)。三组技能（“未来技

能”）对先进数字化制造技术尤为重要：分析技能、与具体技术相关的技能（科学、技术、工程和数学以及信息通信技术相关技能）以及软技能。由于新技术创造的就业机会可能需要更高的新技术技能、分析能力和认知能力，未来技能将提供最佳保障，有效防范技术取代风险。

技术密集度更高的企业和更为大型的企业拥有更多的科学、技术、工程和数学专业人员

技术密集度较高的企业的就业情况已经反映出对这些技能的更大需求。更具技术活力的正在参与或准备参与先进数字化制造技术的企业通常拥有较高比例的科学、技术、工程和数学员工。此外，这些企业还认识到技术相关技能（如，人机交互技能）的重要性正在日益增加。原因可能在于许多新技术要求员工作为整合良好的团队来开展工作并快速掌握程序和系统。

先进数字化制造技术能够带来哪些红利？

先进数字化制造技术可以提升利润、实现环境可持续发展并扩大劳动力需求

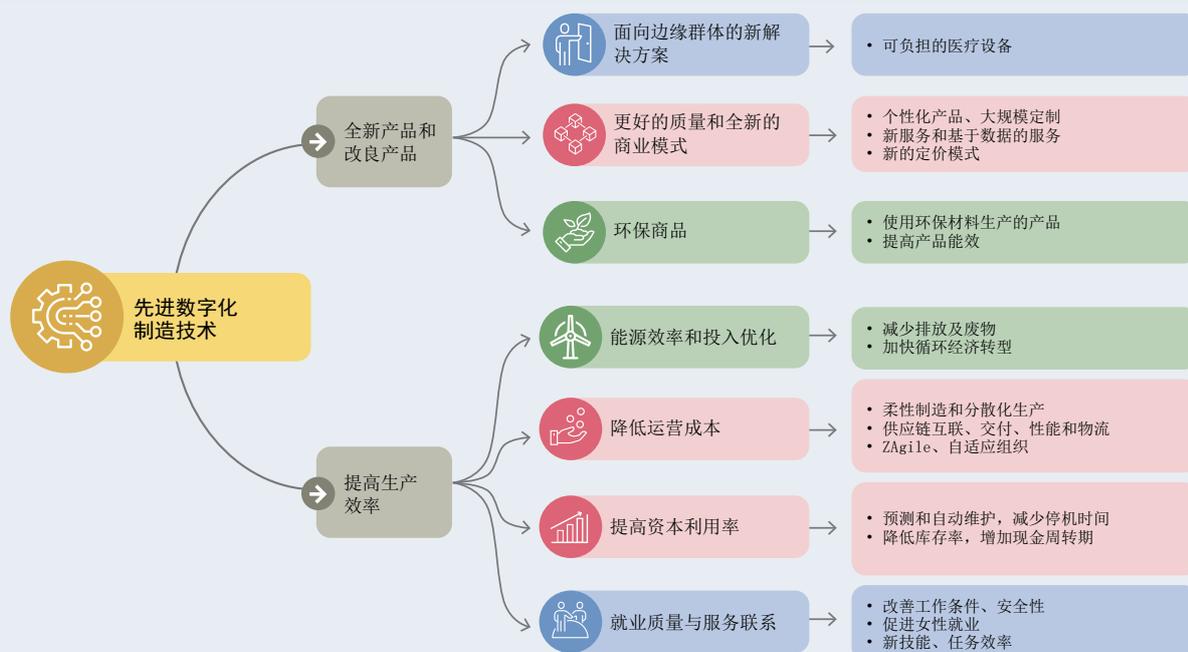
先进数字化制造技术可以提升企业利润和资本利用率，更好地将劳动力整合到生产中，增强环境可持续性。图10根据概述开头部分的概念框架，对主要作用机制进行了总结。先进数字化制造技术在支持包容与可持续工业发展方面可以带来的潜在益处再次通过以下两个主要渠道呈现出来：将全新产品和改良产品引入市场，如智能电视、智能手表、家庭控制设备等；通过生产过程数字化和互联，提高生产效率。这些广泛渠道均直接影响着包容与可持续工业发展的主要方面：工业竞争力、环境可持续性和社会包容性。这些益处也充斥着风险，而且也无法保证在不进行其他变革的情况下即可产生这些影响。获得这些益处取决于参与制造业生产的国家、行业和企业的具体情况。

扩展数据分析可改进产品和服务

先进数字化制造技术可增强产品使用特性和功能，从而带来更高的收入——包括产品创新、定制和上市时间——及更具竞争力的产品和服务。例如，数据分析可利用收集和分析实时客户数据

“参与全球价值链对采用新技术的可能性产生积极影响”

图 10. 先进数字化制造技术的预期红利



资料来源：联合国工业发展组织根据Andreoni和Anzolin的资料阐述(2019)。

的优势，直接参与客户需求，帮助生产具有成本效益的大规模定制产品。这些对消费行为的洞见可为新产品、服务和解决方案带来巨大的优势。通过将服务附加到制造业生产中，这些变革开启一系列全新的组织和商业模式可能性。因此，先进数字化制造技术通过创造新产品以及将制造业和服务活动融合在一起，为振兴工业化和促进经济增长带来了可能性。

推动生产力

采用先进技术的企业具有更高的生产力

采用先进数字化制造技术的企业会变得更具有竞争力且更高效。一项计量分析调查了数字化水平较高的企业平均而言是否比数字化水平较低的企业具有更高的生产力，该分析以可能影响本报告所调查国家生产力的其他因素为条件（图11）。即使控制企业年龄、研发和机械设备投资、人力资本及

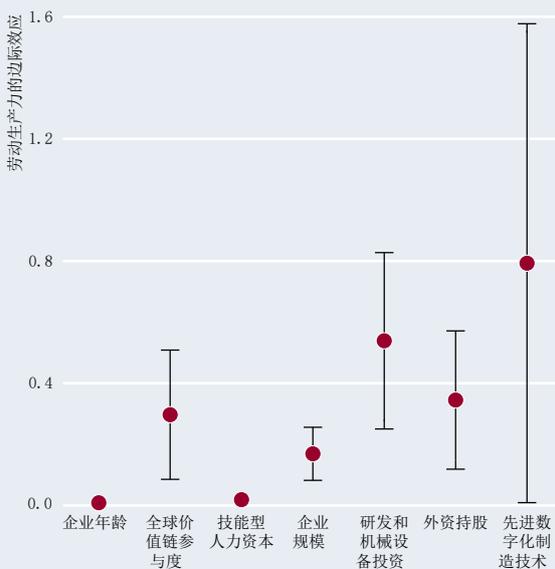
全球价值链参与度，先进数字化制造技术的采用与企业生产力仍呈显著正相关。与其他重要影响因素的系数相比，技术采用的系数较大。

领先经济体和追赶型经济体因生产力增长而在制造业增加值增长方面处于领先

国家与企业同理：积极参与先进数字化制造技术经济体——领先经济体和追赶型经济体——制造业增加值的增长比其他的经济体——后发经济体和落后经济体快得多（图12）。在低收入、中等偏下收入和高收入经济体中，领先经济体和追赶型经济体的增长率几乎是后发经济体和落后经济体的两倍。在中等偏上收入经济体中，这一差距超过了50%。更具活力的就业创造能力、生产力更快速的提高或两者兼具，是制造业增加值增长速度更快的原因。它们在生产动力动态变化方面存在最大差异。领先经济体和追赶型经济体在生产动力增长方面明显领先其他经济体。有趣的是，在

“先进数字化制造技术可以提升企业利润和资本利用率，增强环境可持续性

图 11. 先进数字化制造技术的采用与生产力呈正相关



注：该图描述了变量对劳动生产力作用的系数和置信区间（90%），这些数值通过对加纳、泰国和越南接受调查的企业进行回归分析得出。变量“先进数字化制造技术”是一个虚拟变量，当一个企业应用工业3.0或4.0技术时，该变量值为1，否则该变量值为0。回归包含国家和产业虚拟变量。
资料来源：联合国工业发展组织根据Pietrobelli等人(2019)从联合国工业发展组织企业级调查“工业企业对数字化制造技术的采用”所收集的数据阐述。

发展中国家——低收入和中等偏下收入以及中等偏上收入国家中，领先经济体和追赶型经济体的就业在此期间也呈现正增长。相反，在高收入经济体中，生产力增长远远弥补了直接就业岗位的净损失。

加强部门间联系

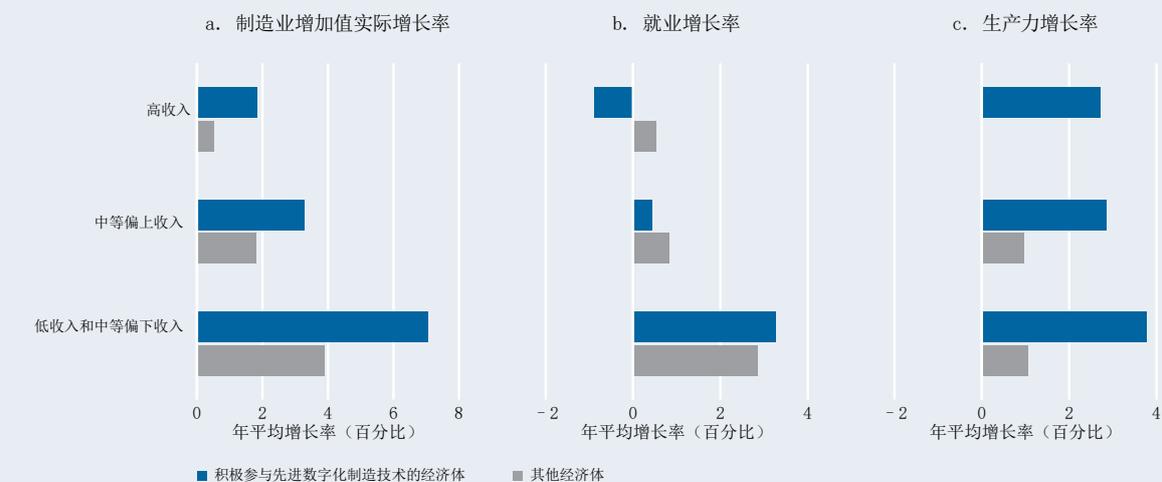
新技术推动知识密集型商业服务

制造业生产中所采用的先进数字化制造技术需要来自该经济体其他部门的额外支持，尤其是知识密集型服务业最为明显，它们提供了实现智能制造所需的信息技术和数字解决方案。加强与各类服务业的互动有可能扩大制造业生产在创造就业机会和减缓贫困方面的乘数效应，为各国进入制造业系统开启了全新的机遇。

这些服务推动创新和新知识传播

在一个经济体中，知识密集型商业服务发挥重要作用，成为创新生产者和新知识载体。它们主要是中间服务（销售给其他部门而非最终消费者），并通过这些联系，沿价值链实现创新的扩散。

图 12. 在所有收入类别中，积极参与先进数字化制造技术的经济体的增长速度比其他经济体更快



注：每组显示了对应类别和变量在2005年到2017年间的年平均增长率。该分析包括167个经济体（其中50个经济体目前正积极参与先进数字化制造技术），这些经济体根据世界银行2017年收入类别定义进行分类。73个低收入和中等偏下收入经济体（其中4个在积极参与），44个中等偏上收入经济体（其中13个在积极参与）以及49个高收入经济体（其中33个在积极参与）。生产力按工人人均制造业增加值计算（按2010年不变价美元计）。
资料来源：联合国工业发展组织根据《制造业增加值2018年数据库》（联合国工业发展组织，2018b）、（国际劳工组织，2018）和Foster-McGregor等人（2019年）从《全球专利统计数据库2019年春季版》（欧洲专利局2019年）获得的资料阐述。

“积极参与先进数字化制造技术的经济体，增长比其他的经济体快得多”

在生产工业产品时，领先经济体和追赶型经济体通常更多地依赖知识密集型商业服务

收入越高的国家类别，其知识密集型商业服务在制造业增加值中所占的比重也越高，充分说明了知识密集型投入在高收入经济体所从事的各类制造业活动中的重要性。知识密集型商业服务不仅只与国家收入水平有关。在所有收入类别中，积极参与先进数字化制造技术的经济体，其知识密集型商业服务的整合度也更高（图13）。随着各国在开发和部署先进数字化制造技术方面的参与度不断提高，知识密集型商业服务需要在制造业中发挥越来越大的作用。

创造就业机会，而非摧毁就业机会

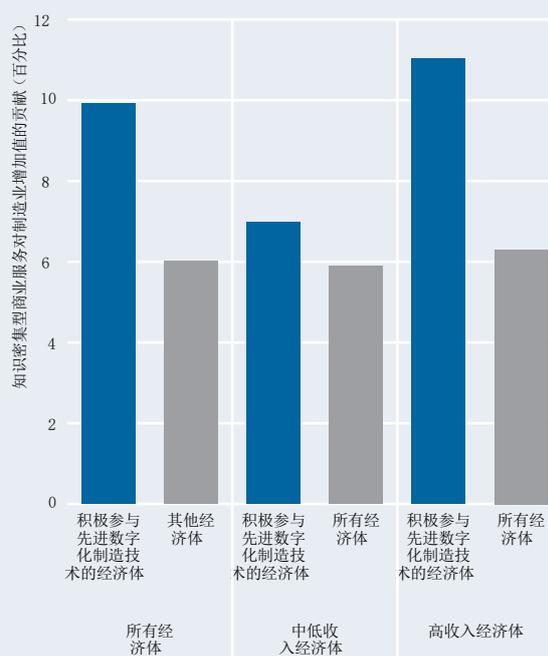
研究间接影响和净效应，而非直接影响（工人失业）

人们对先进数字化制造技术可能给劳动力市场带来的潜在影响存在担忧。然而在评估一项新技术（如机器人）对就业产生的最终影响时，通常需要考虑所有渠道。着眼于一个部门或行业很难评估技术在整个经济体中所产生的就业影响。因此，有必要分析新技术对就业的直接和间接宏观影响。根据从国家间投入产出表获得的国内和国际联系分析间接影响。⁴

间接影响可能超过直接影响

为了评估先进数字化制造技术对就业的影响，《2020年工业发展报告》显示，在一个特定行业，增加机器人存量对该行业的就业产生直接影响，同样会对价值链的其他部分产生间接影响（图14）。在一个行业中，增加机器人的使用对供应商行业（上游行业）和顾客行业（下游行业）的就业产生间接影响。例如，使用更多机器人的行业可能为其下游行业生产出更优质的中间产品，或者能够降低产品价格，或者两者兼具，最终会提高其企业竞争力并雇佣更多工人来拓展业务。机器人使用的增加还可能对上游行业产生间接影响，因为生产过程自动化程度的提高和巨大转变可能会导致对某些材料和部件的需求增加。机器人自动化行业产生的这种需求变化可能对其上游行业的就业产生积极或消极影响。同时，下游客户

图 13. 在所有收入类别中，积极参与先进数字化制造技术的经济体，其制造业产业与知识密集型商业服务的融合度更加紧密



注：2005-2015年期间的平均值。制造业增加值以现价美元计。这一分析涵盖63个经济体，这些经济体根据世界银行2005年的收入类别定义进行分类：30个中低收入经济体（其中9个经济体在积极参与），33个高收入经济体（其中24个经济体在积极参与）。资料来源：联合国工业发展组织根据国家间投入产出表（经合组织，2018b）的资料阐述。

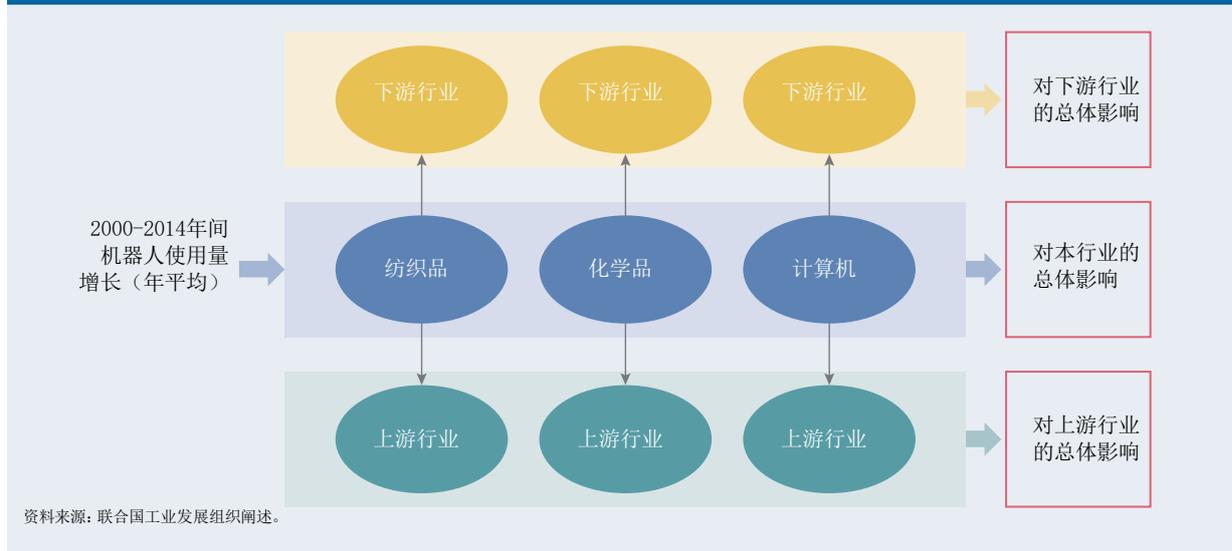
和上游供应商可以位于同一经济体（从而影响国内就业）或其他经济体（从而影响外国就业）中。

2000-2014年间，制造业中工业机器人使用量的增加为全球创造净就业机会

若将所有影响考虑在内，工业机器人存量的连年增长对2000-2014年间的就业增长产生了积极的贡献（尽管贡献极小）。这些主要积极影响来自国际供应链和国内客户链。相反，国内供应链对就业产生了负面影响。有趣的是，新兴经济体所产生的大部分就业机会源于工业化经济体机器人存量的增加。

“随着各国部署先进数字化制造技术，知识密集型商业服务发挥越来越大的作用”

图 14. 个别行业中工业机器人使用的增加对全球就业的总体影响



使用机器人的企业创造的就业机会多于不使用机器人的企业

这说明了除考虑使用机器人对生产过程变革的影响（提高资本密集度），相对于不适用机器人的企业，考虑促进产出增长方面的可能性同样重要。如果增加机器人的使用可以简化制造管理并提高资本收入与劳动收入之比，而未对该企业或行业的竞争力提高和产出增长做出较大贡献，机器人的使用则可能对就业产生负面影响。但是由于生产规模的增加、部门间互补性的提高、价值链中工作的再分配以及企业内工人的调动，使用机器人的企业比不使用机器人的企业出现明显快得多的增长，则采用机器人的企业和行业创造就业机会的概率可能更高。

具备技术活力的企业其就业预计将保持稳定（甚至会增加）

这一研究结果与近期利用长期的企业和工人层面数据进行的研究一致，这些近期研究表明（至少在德国等领先经济体是如此），机器人的采用并未导致在职制造业工人失业风险增加（Dauth等人，2018年）。在微观层面，这一结论在本报告所调查的五个国家也得到了证实：绝大多数正在参与或准备参与先进数字化制造技术的企业采用这些技术后，其就业预计将增加（或至少保持稳定）。

新技术还可以提高工人的工作条件和参与程度

先进数字化制造技术还对制造业生产的社会维度产生影响。它们可以通过引入新的工作流和任务分配以及提高劳动力的技能门槛来改善工人在工业生产中的工作条件。例如，汽车行业的自动化解决方案为重新安排生产任务、将工人调离最需要体力的工作岗位提供了机会。先进数字化制造技术同样有助于改善制造业工厂的工作条件。如今的标准实践需要工人管理先进的机器人。人类与机器人之间协作的日益增加将创造多样化的劳动力队伍。安全和追踪技术还有助于提高安全性并改善车间的工作条件。

实现环境可持续发展

先进数字化制造技术趋向于环保型解决方案

先进数字化制造技术领域的绿色专利高于平均水平（图15）。与机器人、机器学习、计算机辅助设计和计算机辅助制造相关的技术尤其如此，增材制造技术也是如此。专利审查人员强调，这些技术的最重要特征是它们对减少温室气体排放的潜在贡献。这是需要考虑的另一个重要红利，尤其是和包容与可持续工业发展框架息息相关（见图1）。

“ 在一个特定行业, 增加机器人存量对价值链的其他部分产生间接影响

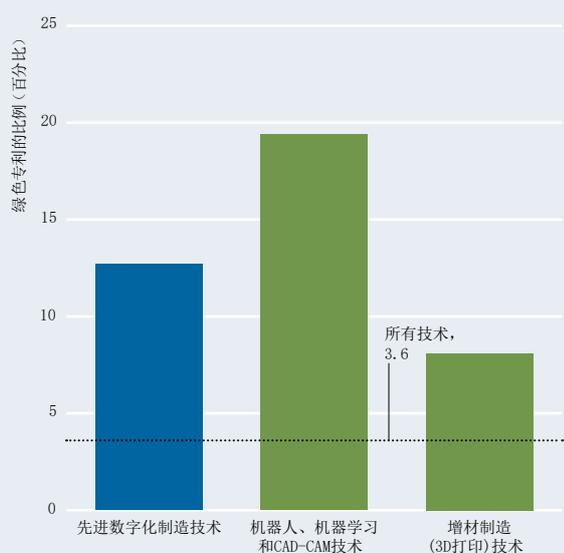
先进数字化制造技术推动循环经济的发展

先进数字化制造技术预计还有可能推动循环经济的发展, 使自然资源利用与经济增长对环境的影响脱钩。从而能够支持实现以能源为核心议题的可持续发展目标6、以可持续消费和生产为核心议题的可持续发展目标12以及以气候变化为核心议题的可持续发展目标13。在循环经济的发展进程中, 资源流动——尤其是原材料和能源——缩小, 并且可能达到封闭的程度。可将产品设计成耐用、可重复使用和可回收产品, 且新产品的材料来自旧产品。循环经济模式还能减少产品的使用率不足, 并会带来一系列有利于提高资源效率的优势。来自电子设备、网络和互联网设备的数据可为企业提供如何利用自身资源以及如何改进产品设计和服 务、产品生命周期管理或供应链规划方面的洞见 (Rizos等人, 2018年)。

具有技术活力的企业对环境改善持乐观态度

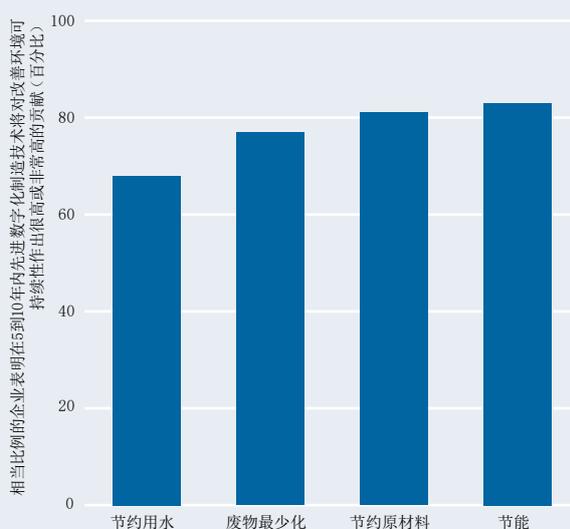
企业层面的数据证实了这一点。在加纳、泰国和越南, 在所有的环境领域中——水资源、能

图 15. 先进数字化制造技术的绿色专利比例高于平均水平



注: 当专利审查员认为某项专利有助于减缓气候变化时, 会添加一个特殊的Y02代码。这一代码使人们能从所有专利中识别出代表绿色技术的专利子群, 并能与过去20年任何技术领域 (不仅是先进数字化制造技术) 所申请的所有专利中的绿色专利的对应比例相比较。
资料来源: 联合国工业发展组织根据Foster-McGregor等人 (2019年) 从《全球专利统计数据库2019年春季版》(欧洲专利局2019年) 中获得的数据集阐述。

图 16. 大多数正在参与或准备参与先进数字化制造技术的企业一致认为这些技术将能够改善环境



注: 数据来自加纳、泰国和越南接受调查的企业, 仅包括目前正在参与或准备参与先进数字化制造技术的企业。
资料来源: 联合国工业发展组织根据联合国工业发展组织企业级调查“工业企业对数字化制造技术的采用”所收集的数据和Kupfer等人 (2019) 资料阐述。

源、原材料和废物——大多数已参与或准备参与先进数字化制造技术的企业一致认为应用这些技术能够改善环境 (图16)。有效利用原材料不仅意味着可持续性, 还意味着支持企业进一步支出和乘数效应的储蓄, 并产生反弹效应增加经济活动, 从而对环境产生影响。

红利并非自动产生, 且会带来风险

发展中国家的企业面临供应链重组和回流的挑战关于先进数字化制造技术的一个重大关切议题是, 它们对全球生产组织方式产生的潜在影响。对于发展中国家的企业——尤其是参与全球价值链的企业——来自供应链重组、生产去地方化和回流的威胁成为一大普遍的担忧。

数字化会加剧寡头垄断和权力集中

发展中国家的企业可能会因先进数字化制造技术逐渐融入全球价值链而受到影响, 因为他们可能会面临越来越多的技术获取障碍。随着各种系统

“参与先进数字化制造技术的企业，其就业预计将增加（或至少保持稳定）”

通过软件平台实现更高的数字化集成度，全球价值链的结构受到影响，因此引发了人们对全数字化供应链中的协调和治理机制以及可能日益加剧的权力集中化和寡头垄断市场的担忧（Andreoni 和 Anzolin, 2019年）。

发达国家回流可能会使发展中国家的廉价劳动力变得毫无意义

发展中国家的企业还可能受到发达经济体中先进数字化制造技术逐步扩散的影响。预计采用这些技术将会降低廉价劳动力作为一种比较优势的意义，并会增加生产向工业化经济体的回流，带走一些制造业活动，减少就业机会（Rodrik, 2018年）。全新廉价的大型机械和取代体力劳动的机器人可能会促使企业将生产撤回至大型消费市场附近的高收入国家。这一现象可抵消过去数十年全球价值链的延伸，这一延伸将低技能和低工资的生产活动（如装配）从高收入国家分散到低收入国家。

未发现十分明显的回流

然而除假设和逸闻例证之外，目前仍旧缺乏回流的普遍证据，因此，很难就其对发展中国家就业的最终影响得出结论，也很难制定出全面的政策予以解决。本报告的实证研究利用来自八个欧洲国家（奥地利、克罗地亚、德国、荷兰、塞尔维亚、斯洛文尼亚、西班牙和瑞士）企业的《欧洲制造业调查》数据分析了回流的程度和决定因素。⁵得出三个明显的结论。

- 首先，回流并不像媒体和政策争论中所认为的那样普遍：在所有企业中，已回流的企业占7.1%，而已离岸的企业占10.2%。
- 其次，劳动力成本并非企业从新兴经济体中回流的主要原因，但劳动力成本是企业从其他高收入国家回流的重要原因。物流的灵活性似乎是企业从新兴经济体回流的主要原因。这一发现令人惊讶，因为在目前的争论中，对先进技术导致工作岗位流失的担忧源自于引进廉价机器或机器人，因为它们可进一步降低生产成本来取代人力。
- 第三，回流在部分行业（化学工业、机械设备、电气行业或运输设备——而非低技术行业）和更密集地采用先进数字化制造技术的企业中

更为频繁。因此，先进数字化制造技术可能会引发回流，尽管这种回流并不频繁。

性别差异在工作岗位易受数字化影响的程度方面表现明显

而另一个令人关注的领域是性别不平等。对先进数字化制造技术的广泛应用会扩大男性与女性在制造业劳动力市场的差距，在发展中国家尤其是如此。经调查，从事制造业的女性工作者比男性工作者更容易面临计算机化的风险，她们面临的计算机化的风险比男性同事平均高2.9%（图17）。若考虑目前所从事的职业类型，如果妇女从事食品、饮料和烟草、纺织、皮革和化学品方面的工作，她们比男性更有可能面临较高的计算机化风险。有趣的是，在计算机、电子产品和车辆行业并未在计算机化风险方面发现具有统计学意义的显著性别差异。

为何女性由于自动化而面临更高的失业风险？

除其他原因外，技能禀赋方面的差异也是计算机化风险中的性别差异的原因之一。对数字化制造技术操作尤为重要的所有技能中，从事制造业的女性平均得分显著低于男性，而这些技能是“未来技能”广泛组成部分。这些技能应在第四次工业革命中获得蓬勃发展，并保护工人免遭破坏性数字化的影响，因为它们不太可能被新技术取代，反而更有可能获得新技术的补充。性别差距对所有的“未来技能”产生显著的负面影响。值得庆幸的是，对女性工作者而言，软技能方面的性别差距并不是那么明显。最近的经验证据认为社会技能日趋重要，因此在这些技能上具备优势有助于在未来缩小性别差距。

加强妇女平等参与可促进包容和可持续的工业发展

联合国工业发展组织意识到就制造业中性别与先进数字化制造技术之间的关系进行全面讨论的重要性。加强妇女在工业劳动力和技术开发中的公平参与是促进包容性和可持续工业发展的必要条件（UNIDO 2019b）。

“应用先进数字化制造技术能够改善环境”

图 17. 如果女性从事食品、纺织和化工行业，她们会比男性更有可能面临较高的计算机化风险



注：计算机化风险指的是在不久的将来某项职业被计算机化的概率。该图显示了按行业划分的计算机化风险平均值的男女差异。对均数差进行t检验：*** $p < 0.000$ ；** $p < 0.05$ ；* $p < 0.1$ 。该项分析包含下列国家：亚美尼亚、玻利维亚、哥伦比亚、格鲁吉亚、加纳、肯尼亚、老挝人民共和国、北马其顿共和国、斯里兰卡、乌克兰和越南。图柱的颜色表示各行业的技术和数字化强度分类。绿色=TDI行业（技术和数字化均为密集型的行业）。蓝色=数字化密集型或技术密集型行业，但并非两者都是密集型。红色=数字化和技术均为非密集型的行业。

资料来源：联合国工业发展组织根据Sorgner (2019年)从《STEP技能测试项目》(世界银行, 2016年)获得的数据集阐述。

何种应对政策可以让先进数字化制造技术有效促进包容与可持续工业发展？

应对政策高度取决于国情

各国间和各国内部对先进数字化制造技术的应对战略各不相同；它们高度取决于国情，反映了该国的工业化程度、数字基础设施的普及率、技术和制造能力的积累、国家政府干预经济事务的传统、以及国家动员公私合作的优先级和能力。没有一种放之四海皆准的解决方案，而且现成的模式仍然难以确定。通常，应对政策仍处于试验阶段，在国家长期的发展战略中有不同程度的关联。

同时还取决于各国的相对地位

应对政策还取决于各国的相对地位：领先经济体、追赶型经济体和后发经济体均有不同的目标，并面临不同的挑战。在先进数字化制造技术方面，领先经济体已处于世界前沿。它们的应对政策是以维持或恢复工业领导地位为目标，并将经济、社会和环境目标结合起来。对于追赶型经济体而言，其主要目标是缩小与领先经济体之间的技术差距。这意味着要依赖已有的技术和工业基

础，促进创新驱动的发展。这些经济体中有许多拥有已配备先进制造技术的企业，它们甚至在传统上由高度工业化国家特有的经济活动中展开竞争。主要挑战之一是，将制造业最先进部分已具备的能力扩散至该经济体的所有其他领域(Rodrik 2018)。对于后发经济体和落后经济体来说，最重要的是建立基础设施和能力的基本条件，为吸收新技术做好准备。

政策行动的一些普遍领域需要特别注意

虽然应对政策高度取决于国情，但三个方面非常重要

准备好采用和利用新技术需要在三个方面采取行动：发展框架条件、促进需求和充分利用正在进行的计划、以及加强技能和研究能力(表3)。

框架条件包括多方利益相关者制定工业政策方法的制度化

采用先进数字化制造技术需要在发展框架条件方面作出重要努力，这涉及法规和数字基础设施相关的框架条件、政策制定的制度建设以及拓展

“先进数字化制造技术可能会引发回流，尽管这种回流并不频繁”

表 3. 可使先进数字化制造技术有效促进包容与可持续工业发展的政策行动的主要领域

主要领域	有待解决的问题	具体行动	国家实例
形成框架条件	法规和数字基础设施	更新和发展监管改革以促进数字经济的发展	<ul style="list-style-type: none"> 2018年，毛里求斯推出一项全面政策框架《数字化毛里求斯2030》，旨在推动经济发展。具体措施包括信息通信技术管理、人才管理、国家宽带战略以及加强对知识产权和数据、数据隐私与网络安全的保护。 在过去15年里，越南实施了一项复杂的治理改革，以支持智能制造的兴起。这一改革包括电子商务、电子交易、网络安全、信息技术、知识产权、数字基础设施投资以及在生产和商业领域引入先进技术等方面的一系列政策、总体规划和法律。
		投资信息通信技术和宽带基础设施有助于公众访问高速网络	<ul style="list-style-type: none"> 2016年，智利宣布推出《智能产业战略规划2015-2025》，旨在对信息通信技术基础设施进行升级，提升国家宽带速度，提高国家高速网络的普及率。 《泰国20年国家战略（2017-2036）》所包含的泰国4.0国家战略旨在推动体制改革以改善框架条件，包括一系列激励措施（企业减税和研发补贴）、投资高速网络基础设施以及建设数字产业园和开发区。
形成框架条件	制度性基础设施和私营部门的作用	将多方利益相关者参与制定工业政策的方法制度化，包括公共和私营部门对话以及在不同部门之间实行共享领导机制	<ul style="list-style-type: none"> 巴西“先进制造业科技创新计划”的制定涉及一种三螺旋方法（政府、私人实体以及教育与研究组织）。科技、创新和通信部与工业、国际贸易和服务部是政府方面的牵头方。重要知识则来自一个特别工作组，他们负责询问私营组织对巴西不同行业和地区的智能制造所带来的各种挑战和机遇的看法。 墨西哥国家战略《2030路线图》在经济部、ProSoft 3.0（一项推动国内软件行业发展的官方计划）、墨西哥信息技术协会与其他私营部门组织合作的基础上制定。 南非邮电部、科技部以及贸工部经与工业、劳动和民间团体磋商提出一项综合战略。此外，和第四次工业革命有关的总统委员会于2019年成立，旨在协调所有相关政府机构的工作。
	国际合作与技术转让	促进与采用先进数字化制造技术相关的国际举措的联系	<ul style="list-style-type: none"> 2015年，中国与德国在《中国制造2025》和《工业4.0》谅解备忘录中签字同意促进其各自经济体为发展先进数字化制造技术做好准备。所提议的行动将考虑推广中德企业在智能制造方面的网络。中德合作将共同建立的中德工业园区作为连接中国企业和德国技术的平台，已初见成效。 2018年，墨西哥新莱昂州与西班牙巴斯克地区签署了一份为期两年的谅解备忘录，加强他们各自的先进数字化制造技术战略的合作。新莱昂州政府最近启动了“MIND4.0蒙特雷2019项目”，这是一个创业加速器，仿效巴斯克地区的一个类似试点项目（BIND 4.0），旨在实现本地制造企业与国内外创新企业和企业家的对接。
		与国外机构和跨国公司或咨询企业建立合作关系	<ul style="list-style-type: none"> 德国弗劳恩霍夫研究所与哈萨克斯坦工业和基础设施发展部的合作为哈萨克斯坦实现全新数字化战略“数字化哈萨克斯坦”提供了积极帮助。行动包括对大约600家国内企业采用先进数字化制造技术的准备情况进行诊断性研究。将为半自动生产的企业提供支持，使其逐步转型为数字化工厂。2018年10月，试点企业开始实施。
促进需求与应用	先进数字化制造技术的可获得性和可负担性	开发创新的筹资机制和支持措施或扩大生态系统推动者的公共资金投入	<ul style="list-style-type: none"> 南非政府建议设立主权创新基金，为智能制造相关领域的高技术项目提供资金。政府承诺2019/2020年提供10-15亿兰特（约1.11亿美元）的种子投资。该基金是支持国内企业从技术转让中获益的战略的一部分。 2017年，中国浙江省政府启动了“企业上云”行动计划，旨在推动尤其是中小企业对云技术的采用和创新。该计划通过凭证制度筹集资金以降低云技术成本并借助复杂的方法培养能力。作为该计划的一部分，浙江省政府已组织1100多场关于云计算的研讨会，共计有9万多家工业企业和10万名与会者参与了研讨会。
促进需求与应用	有关先进数字化制造技术应用及其益处的意识	发展意识研究中心，组织国际峰会、会议和研讨会，增进企业对先进数字化制造技术的了解	<ul style="list-style-type: none"> 2017年，印度政府在班加罗尔、新德里和浦那设立了四个新的先进数字化制造技术推广中心。虽然这四个中心彼此独立，然而它们都隶属于国家工业部重工业部门。它们的使命是为实现“印度制造”提供支持，特别是帮助中小型制造企业更好地了解 and 更广泛地采用先进数字化制造技术，提高制造业竞争力。 2015年以来，越南政府成功组织各种年度峰会或国际活动，以增强意识、探索以及加强公私部门合作或向对先进数字化制造技术感兴趣的国内企业展示技术和解决方案。
	脆弱中小企业参与者的准备状况	为技术落后参与者提供有针对性的支持	<ul style="list-style-type: none"> 西班牙巴斯克地区政府启动巴斯克工业4.0，其中包括帮助国内中小企业获得制造业相关先进数字化制造技术培训的试点行动，以及进行先进制造业自我诊断和微调的试点基地。 2019年，马来西亚政府推出了“工业4.0准备状况评估”（Industry4WRD Readiness Assessment），这是一项响应国家战略工业4.0（Industry4WRD）的项目，旨在帮助中小企业确定是否准备好采用先进数字化制造技术。

表 3. (续上)
可使先进数字化制造技术有效促进包容与可持续工业发展的政策行动的主要领域

主要领域	有待解决的问题	具体行动	国家实例
加强能力	人力资源开发	加强技能发展和就业能力方面的国际合作 提供/推动直接经验和宣传,学习新技术,包括技术和职业教育与培训的新方法	<ul style="list-style-type: none"> 哥伦比亚考卡山谷省多所大学最近同意与巴斯克地区电子与信息技术协会合作。双方希望培养考卡山谷省学生的数字文化和创业精神。 乌拉圭政府与联合国工业发展组织以及德国工业控制和自动化公司费斯托合作,建立了一个致力于提升技术技能和鼓励国内企业采用智能制造工艺的公共技术中心——工业化和机电一体化中心。 受德国二元制职业教育培训计划的启发,马来西亚人力资源部提出了一项国家双重培训计划,旨在帮助工人具备运用先进数字化制造技术的能力。
	研究能力的发展	扩大研究机构的范围和数量	<ul style="list-style-type: none"> 智利未来经济办公室启动了Astrodata项目,其目标是在科学应用、人力资本开发以及经济发展方面充分利用天文大数据和云计算的处理潜力。 哈萨克斯坦教育与科学部将调动工业自动化研究所(总部设在哈萨克斯坦国立技术大学)的研究能力,开展与寻求运用先进数字化制造技术的企业所面临的技术问题有关的应用研究和技术转让。

资料来源:联合国工业发展组织阐述。

国际合作和技术转让。制度建设对使先进数字化制造技术有效促进包容与可持续工业发展来说至关重要。由此而论,制定新的工业政策应基于私营部门和公共部门的密切合作,其中学习(确定约束)、实验(找出消除这些约束的方法)、协调(将所有相关利益相关者纳入考虑)以及监测(评估结果)应成为关键的指导原则 (Rodrik 2007, 2018)。

促进需求需要意识和资金

即使具备框架条件,各国也需要促进对新技术的需求和采用。这就需要集中精力努力提高企业对这些技术的潜在应用和优势的意识,并为这些技术的采用提供资金。还应为技术方面落后的参与者(例如中小型企业)提供有针对性的支持。

能力建立在新技能和研究的基础之上

归根结底,为使企业能够采用新技术,应使它们在技能和研究方面具备所需的能力。政府可以借助专门的学习中心、针对企业新兴需求的技术和职业教育与培训的新方法,对这些能力的创造和加强提供支持。扩大专门从事先进数字化制造技术的研究机构的范围和数量也是吸取这些技术并使其适应当地环境的关键所在。

呼吁进一步国际合作

新的机会之窗将取决于各个经济体的应对政策和准备情况

先进数字化制造技术的不断突破将在多大程度上为我们带来新的机会之窗,使我们能够实现跨越式发展,或者避免越来越落后?这一程度将取决于各个经济体通过积极的工业政策、数字化素养、技能和教育采取的应对政策和准备情况——而不仅仅依赖于工资水平、国内市场和在全球价值链中所处的位置 (Mayer, 2018; Lee等人, 2019)。

切记需要作出承诺和筹集大量的资源才能发展能力

尤其是发展中国家的政策制定者应切记,需要做出承诺和筹集大量资源来发展所需的能力,以便采用新技术并吸取任何相关的生产转型 (Steinmueller, 2001; Lee, 2019)。在全面落实承诺之前,建议根据预期目标,采取较小但具有洞见的步骤检验技术和政策方案。通过加强国际合作学习并交流政策经验,进一步的研究和政策实验还有很大的空间。

国际社会应支持落后经济体

本报告的结果表明,世界大部分地区,主要是最不发达国家和其他低收入国家仍旧远未参与新技

“采用先进数字化制造技术需要在发展框架条件方面作出重要努力”

术。因此需要国际社会立即采取行动，支持发展中国家——特别是最不发达国家——采用当前的突破性技术。如果未得到国际支持，低收入国家将面临更加孤立无援、更加落后、无法实现数个（若并非全部）可持续发展目标的风险。如上所述，这种支持应以建设基本、中级和高级工业能力和技术能力以及数字基础设施为目标。

存在进一步开展国际合作的良机

在不同的准备阶段采用先进数字化制造技术的国家之间的密切合作可以带来诸多至关重要的益处。扩大此类合作的潜力巨大。在许多追赶型经济体的国家战略中，一些领先经济体被确定为优先合作伙伴，这不仅能促进技术转让、人力资源开发和试点项目的联合实施，还可以探索合资企业模式。在采用先进数字化制造技术方面，还可以与其他具备相似水平的国家建立伙伴关系。知识转让可以在更平等的地位上进行，确保更接近共同的国情。对于金砖国家而言，此类合作已不断推动在大数据、信息通信技术和其他先进数字化制造技术及其应用、以及信息通信技术基础设施和互联方面的联合研究活动和创新议程（BRICS 2017）。

更密切的合作应成为国家战略的基础

更密切的合作应成为制定战略的基础，以应对发展中国家在先进数字化制造技术可能在它们通向包容与可持续工业发展之路上带来的诸多挑战方面存在的分歧。其中许多问题屡见不鲜，但这些问题正变得愈发迫在眉睫，因为它们可能对数字鸿沟产生影响。对挑战和机遇的共识在很大程度上仍然遥不可及，国内政治可能会导致重大国际合作搁浅。这就是为什么国际政策协调与合作应继续努力并进一步支持的原因，从而使各组织和国家能够就如何确定和应对第四次工业革命带来的机遇和挑战进行知识和经验共享——并确保不让任何一个人掉队。

注解

- 1 在本报告中，全球专利的定义是同时至少在下述专利局中的两个进行了申请的专利：欧洲专利局、美国专利及商标局、日本专利局和中国国家知识产权局。
- 2 这些技术时代最早由IEL（2018年）提出，随后由Kupfer等人在联合国工业发展组织背景论文中进行了进一步阐述（2019年）。
- 3 相关完整结果请参见由Pietrobelli等人在联合国工业发展组织背景论文中的阐述（2019年）。
- 4 该分析基于由Ghodsi等人编写的联合国工业发展组织背景论文（2019）并以Abeliansky和Prettner（2017），Acemoglu和Restrep（2018）以及Graetz和Michaels（2018）就技术变革、就业和工业发展之间的关系率先开展的现有实证研究为基础。
- 5 请参见Dachs与Seric（2019）撰写的联合国工业发展组织背景论文了解该项分析的详情。

参考文献

- Abeliansky, A. 和Prettner, K., 2017年, “自动化与人口结构变化”, 哥廷根: 哥廷根大学管理及经济发展欧洲研究中心。
- Acemoglu, D. 和Restrepo, P., 2018年, “人工智能、自动化和工作”, 麻省剑桥: 麻省理工学院经济学系。
- Albrieu, R.、Ferraz, J. C.、Rapett, M.、Brest Lopez, C.、Nogueira de Paiva Britto, J.、Kupfer, D. 和 Torracca, J., 2019年, “数字技术在发展中国家的运用: 来自阿根廷和巴西企业层面调查的洞见”, 为《2020年工业发展报告》撰写的背景论文, 维也纳: 联合国工业发展组织。
- Andreoni, A. 和Anzolin, G., 2019年, “一场正在酝酿中的革命? 发展中国家所面临的数字化制造技术挑战和机遇”, [为《2020年工业发展报告》撰写的背景论文], 维也纳: 联合国工业发展组织。
- Bogliacino, F. 和Codagnone, C., 2019年, “工业4.0在发展中国家中的应用: 从过程创新中学习”, 为《2020年工业发展报告》撰写的背景论文, 维也纳: 联合国工业发展组织。
- 金砖国家信息中心], 2017年。《金砖国家领导人厦门宣言》, 检索自: <http://www.brics.utoronto.ca/docs/170904-xiamen.html>。
- Cohen, M. D.、Burkhart, R.、Dosi, G.、Egidi, M.、Marengo, L.、Warglien, M. 和Winter, S., 1996年, “组织惯例和其他重复性行为模式: 当代研究问题”, 《工业与企业变革》, 第5卷第3期, 第653 - 698页。
- Dachs, B. 和Seric, A., 2019年, “工业4.0与不断变化的全球价值链形态”, 为《2020年工业发展报告》撰写的背景论文, 维也纳: 联合国工业发展组织。
- Dauth, W.、Findeisen, S.、Suedekum, J. 和Woessner, N., 2018年, “适应机器人: 来自工人层面的证据”, 明尼阿波利斯联邦储备银行, 机遇与包容性增长研究所。
- 欧洲专利局, 2018年。《全球专利统计数据库2018年秋季版》。检索自: <https://www.epo.org/searching-for-patents/business/patstat.html#tab-1> (2019年6月17日检索)。
- 欧盟统计局, 2018。 “企业信息通信技术应用和电子商务社会调查” 2018。 <https://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/comprehensive-database> [2019年5月10日检索]。
- Foster-McGregor, N.、Nomaler, Ö. 和Verspagen, B., 2019年, “利用贸易和专利数据衡量新技术的创造和采用”, 为《2020年工业发展报告》撰写的背景论文, 维也纳: 联合国工业发展组织。
- Ghodsi, M., Reiter, O., Stehrer, R. 和Stöllinger, R., 2019。 全球价值链中交织的机器人化、就业和产业增长。为《2020年工业发展报告》撰写的背景论文, 维也纳: 联合国工业发展组织。
- Graetz, G. 和Michaels, G., 2018年 “工作中的机器人”, 《经济与统计评论》, 第100卷第5期, 第753 - 768页。

- IEL [Euvaldo Lodi 研究所], 2018年。“Industria 2027总结报告: 打造巴西工业的未来”, 里约热内卢。
- ILO [国际劳工组织], 2018年。《世界就业和社会展望: 2019趋势》, 日内瓦。
- Kupfer, D.、Ferraz, J. C. 和Torracca, J., 2019年, “若干发展中国家工业数字化的比较分析: 工业4.0企业层面数据”, 为《2020年工业发展报告》撰写的背景论文, 维也纳: 联合国工业发展组织。
- Lee, K., 2019年, “技术跨越经济学”, 《2019年联合国工业发展组织工业发展报告》背景论文, 维也纳: 联合国工业发展组织。
- Lee, K.、Wong, C.-Y.、Intarakummerd, P. 和 Limapornvanich, C., 2019年, “第四次工业革命是跨越中等收入陷阱的机遇之窗吗? 东南亚的亚洲发展模式。”，《经济政策改革杂志》，第1-18页，<https://doi.org/10.1080/17487870.2019.1565411>。
- Mayer, J., 2018年, “数字化与工业化: 是敌是友? ”, 检索自联合国贸易和发展会议研究论文第25篇, 联合国日内瓦。
- OECD [经合组织], 2017年。“下一场生产革命: 对政府和企业的影响”, 巴黎, OECD 发布。
- 2018年。《国家间投入产出表》, NA08, 经济活动国际标准行业分类修订本第4版, 2018年版, 巴黎。<http://oe.cd/icio> [2019年5月4日检索]。
- Pietrobelli, C.和Delera, M、Calza, E.和Lavopa, A., 2019年, “参与价值链是否有助于发展中国家采用数字技术? ”, 为《2020年工业发展报告》撰写的背景论文, 维也纳: 联合国工业发展组织。
- Rizos, V.、Behrens, A.、Drabik, E.、Rinaldi, D.和Tuokko, K., 2018年。“企业在循环经济中的作用: 市场、生产过程和扶持政策。”，《CEPS特别工作组报告》，布鲁塞尔: 欧洲政策研究中心。
- Rodrik, D., 2007年, “21世纪的工业政策”, 《一种经济学, 多种药方》, 普林斯顿: 普林斯顿大学出版社。
- Rodrik, D., 2018年, “新技术、全球价值链和发展中经济体”, 《美国国家经济研究局工作文件第25164号》。
- Schwab, K., 2016年, “第四次工业革命”, 日内瓦: 世界经济论坛。
- Sorgner, A., 2019. 新数字技术对发展中国家性别平等的影响。为《2020年工业发展报告》撰写的背景论文, 维也纳: 联合国工业发展组织。
- Steinmueller, E., 2001年, “信息通信技术与发展中国家实现跨越的可能性”, 《国际劳工评论》, 第140卷, 第2期, 第193-210页。
- UNCTAD [联合国贸易和发展会议], 2018年。“2018技术与创新报告: 利用前沿技术促进可持续发展”, 联合国日内瓦。
- UNESCAP [联合国亚洲及太平洋经济社会委员会], 2018年。“促进亚太地区可持续发展的前沿技术”, 曼谷。
- UNIDO [联合国工业发展组织], 2002年。“2002年至2003年工业发展报告: 通过创新和学习来参与竞争”, 维也纳。
- 2017, “工业4.0——挑战背后的机遇”, 维也纳。
- 2019a, 《年度报告2018》维也纳。
- 2019b, 《2019年工业竞争力指数》, 维也纳。[17, 2019年6月17日检索]。
- 2019c, “包容与可持续工业发展: 性别维度”, 维也纳, https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-03/UNIDO_ISID_The_Gender_Dimension.pdf。
- 世界银行。2014-2013年。《世界银行企业调查》, 可持续性策略分析”, Available at: https://microdata.worldbank.org/index.php/catalog?sort_by=rank&sort_order=-desc&sk=enterprise+survey [2019年8月11日检索]。
- 2016年。《STEP技能测评项目》, 可持续性策略分析” <https://microdata.worldbank.org/index.php/catalog/step> [2019年7月15日检索]。

附录

表A1
按制造业中先进数字化制造技术参与度划分的经济体

领先经济体 (10个经济体)	追赶型经济体 (40个经济体)		后发经济体 (29个经济体)		落后经济体 (88个经济体)
	作为生产者 (23个经济体)	作为使用者 (17个经济体)	作为生产者 (16个经济体)	作为使用者 (13个经济体)	
积极参与先进数字化制造技术的经济体					
中国	澳大利亚	阿尔及利亚	波斯尼亚和黑塞哥维那	哥斯达黎加	其他所有2017年居民超过50万的经济体
法国	奥地利	阿根廷	保加利亚	科特迪瓦	
德国	比利时	孟加拉国	智利	厄瓜多尔	
日本	巴西	白俄罗斯	多米尼加共和国	埃及	
荷兰	加拿大	哥伦比亚	爱沙尼亚	萨尔瓦多	
韩国	中国香港特别行政区	匈牙利	希腊	埃塞俄比亚	
瑞士	克罗地亚	印度尼西亚	吉尔吉斯斯坦	马拉维	
中国台湾省	捷克	伊朗	拉脱维亚	塞尔维亚	
英国	丹麦	马来西亚	新西兰	突尼斯	
美国	芬兰	墨西哥	尼日利亚	土库曼斯坦	
	印度	葡萄牙	菲律宾	乌干达	
	爱尔兰	罗马尼亚	摩尔多瓦共和国	乌兹别克斯坦	
	以色列	沙特阿拉伯	斯洛文尼亚	赞比亚	
	意大利	南非	乌克兰		
	立陶宛	泰国	阿联酋		
	卢森堡	土耳其	委内瑞拉		
	挪威	越南			
	波兰				
	俄罗斯				
	新加坡				
	斯洛伐克				
	西班牙				
	瑞典				

资料来源：基于Foster-McGregor 等 (2019)的数据的UNIDO阐述

“新技术对发展中国家而言是一把双刃剑。它们可以帮助这些国家实现跨越式发展并加快经济追赶的步伐。但如果落后经济体缺乏基本能力、技能和体制，这些新技术也会令它们的经济追赶进程变得更加困难重重。这一数据详实的报告详细介绍了全球技术发展的最新状况并概述了充分利用这些机会同时避免掉入陷阱的策略。”

Dani Rodrik, 哈佛大学

“联合国工业发展组织在该报告中提醒世人，工业化仍然是经济发展的必要条件。该报告指出，数字技术通过提高生产力和发展新兴制造产业，在提高生活水平和环境可持续性方面带来一系列重大机遇。同时，数字技术也带来了巨大的挑战，原因在于这些技术在大多数发展中国家的扩散非常有限。因此需要国际社会在发展数字基础设施、培养基本的人类技能和加强发展中国家的研究能力方面做出巨大的努力，而各国同时还需要在这些领域加强国际合作。”

José Antonio Ocampo, 哥伦比亚中央银行及哥伦比亚大学



联合国工业发展组织

地址: VIENNA INTERNATIONAL CENTRE, P. O. BOX 300, 1400 VIENNA, AUSTRIA

电话: (+43-1) 26026-0, 传真: (+43-1) 26926-69

电邮: UNIDO@UNIDO.ORG, 网站: WWW.UNIDO.ORG